



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE  
LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS  
PARA LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**PRIMER MIEMBRO**

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**SEGUNDO MIEMBRO**

Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ASESOR DE TESIS**

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 688-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 9483 presentado por el (la) Bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **2do Miembro** : Mgr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 01 de agosto del 2024
- \* **HORA** : 9:30 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
.....  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
.....  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (s)

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 372-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 05 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 2324 por el o (la) Bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 164 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 059 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 059 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

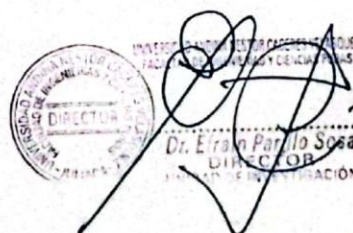
**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**,

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 163-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca 29 de diciembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-17767, presentado por el señor (a) **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 309-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 054 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 054-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraim Pareda Sosa  
CIP. 47790  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2023  
Interesado (a)



## MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	Submitted to American Public University System Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%

8 Submitted to Universidad Continental




### Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	OSMAN JOSE LEIVA ZAMATA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46374917
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0002-7844-7673">https://orcid.org/0009-0002-7844-7673</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: San Román          Distrito: Juliaca</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 15° 29' 27''</li> <li>- Longitud: O 70° 07' 37''</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1dCKJp1doluOBmmXfkdMxzA1KalbZ5kQ&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1dCKJp1doluOBmmXfkdMxzA1KalbZ5kQ&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2023 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería de la construcción  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a></p> <p>Ingeniería civil  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p>
<p><a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a>          - Librería</p>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS  
 Dr. *Strain Villa Sosa*  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Osman Jose Leiva Zamata, identificado con DNI Nro. 46374917, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

“Mejoramiento de base granular con adición de limadura de hierro reciclado en pavimentos para la ciudad de Juliaca”

Asesorado por: Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 04 de septiembre del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis, primeramente a Dios y a mis padres por todo su apoyo incondicional

**O.J.L.Z.**



## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil,  
por sus aportes y conocimientos a lo largo de mi formación  
profesional

**O.J.L.Z.**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiv

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Exposición de la situación de la problemática .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Interrogante General.....	2
1.2.2 Interrogantes específicos .....	3
1.3 Justificación de la investigación .....	3
1.3.1 Justificación técnica .....	3
1.3.2 Justificación económica .....	4
1.3.3 Justificación social .....	5
1.3.4 Justificación ambiental.....	6
1.4 Objetivos de la investigación.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos .....	7



1.5	Hipótesis .....	8
1.5.1	Hipótesis general .....	8
1.5.2	Hipótesis específicas .....	8
1.6	Variables e indicadores .....	8
1.7	Operacionalización de las variables .....	9

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación .....	10
2.1.1	Antecedentes Internaciones .....	10
2.1.2	Antecedentes Nacionales .....	12
2.1.3	Antecedentes Regionales .....	13
2.2	Marco teórico .....	13
2.2.1	Pavimento .....	13
2.2.2	Funciones de un pavimento .....	15
2.2.3	Tipos de falla en carreteras no pavimentadas .....	16
2.2.4	Evaluación estructural .....	17
2.2.5	Afirmado .....	19
2.2.6	Cantera .....	19
2.2.7	Características De Los Suelos .....	21
2.2.8	Base granular para afirmados .....	21
2.2.9	Compactación de suelos .....	22
2.2.10	Máxima densidad seca .....	25
2.2.11	Clasificación De Suelo .....	25



2.2.12	Análisis granulométrico.....	27
2.2.13	Límites de ATTERBERG.....	28
2.2.14	Índice de plasticidad .....	29
2.2.15	Proctor .....	31
2.2.16	Relación Humedad – Densidad Compactación .....	32
2.2.17	Ensayo cbr.....	33
2.2.18	Densidad de campo .....	33
2.3	Marco conceptual.....	34
2.3.1	Suelo .....	34
2.3.2	Pavimento.....	35
2.3.3	Afirmado .....	35
2.3.4	Compactación.....	35
2.3.5	Densidad de campo .....	35

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Proceso metodológico.....	36
3.1.1	Enfoque cuantitativo .....	36
3.1.2	Nivel explicativo .....	36
3.2	Metodología de la investigación .....	37
3.3	Población y muestra .....	37
3.3.1	Población.....	37
3.3.2	Muestra.....	37
3.4	Técnicas e instrumentos de la investigación .....	37



**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1 Trabajo de laboratorio .....40

CONCLUSIONES .....59

RECOMENDACIONES .....60

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....61

ANEXOS .....81



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas .....	16
<b>Tabla 2.</b> Categorización de canteras .....	20
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de suelos.....	25
<b>Tabla 4.</b> Tamaño de los agujeros de los tamices normalizados .....	27
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de plasticidad .....	30
<b>Tabla 6.</b> Resultados Contenido de humedad. ....	41
<b>Tabla 7.</b> Evaluación del ensayo de Granulometría.....	41
<b>Tabla 8.</b> Evaluación del ensayo de Límites de consistencia.....	42
<b>Tabla 9.</b> Pruebas del ensayo para SUCS y AASHTO. ....	42
<b>Tabla 10.</b> Evaluación del ensayo Proctor Modificado.....	43
<b>Tabla 11.</b> Evaluación del ensayo de CBR.....	43
<b>Tabla 12.</b> Resultados % de humedad. ....	44
<b>Tabla 13.</b> Evaluación del ensayo de Granulometría.....	45
<b>Tabla 14.</b> Resultados de los limites ATTERBERG.....	46
<b>Tabla 15.</b> Evaluación SUCS y AASHTO. ....	46
<b>Tabla 16.</b> Resultados Proctor Modificado. ....	47
<b>Tabla 17.</b> Efectos del ensayo CBR. ....	47
<b>Tabla 18.</b> Evaluación del ensayo de Humedad Natural.....	48
<b>Tabla 19.</b> Evaluación del ensayo de Granulometría.....	48
<b>Tabla 20.</b> Evaluación del ensayo de Límites de Atterberg.....	49
<b>Tabla 21.</b> Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO .....	49
<b>Tabla 22.</b> Resultados Proctor Modificado. ....	50
<b>Tabla 23.</b> Evaluación de CBR.....	50
<b>Tabla 24.</b> Evaluación del ensayo de Humedad Natural.....	51
<b>Tabla 25.</b> Granulometría.....	51
<b>Tabla 26.</b> Resultados de los ensayos de Límites de Atterberg.....	52



<b>Tabla 27.</b> Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO.....	52
<b>Tabla 28.</b> Evaluación del ensayo de Próctor Modificado.....	53
<b>Tabla 29.</b> Evaluación del ensayo de CBR.....	54
<b>Tabla 30.</b> Evaluación del ensayo de Humedad Natural.....	54
<b>Tabla 31.</b> Evaluación del ensayo de Granulometría.....	55
<b>Tabla 32.</b> Evaluación del ensayo de Límites de Atterberg.....	56
<b>Tabla 33.</b> Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO .....	56
<b>Tabla 34.</b> Evaluación del ensayo de Proctor modificado.....	57
<b>Tabla 35.</b> Productos del ensayo de CBR. ....	57
<b>Tabla 36.</b> Producto del ensayo de Abrasión los Ángeles para la piedra chancada.....	58



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes de un pavimento.....	14
<b>Figura 2.</b> Partes de un pavimento rígido.....	18
<b>Figura 3.</b> clasificación de suelo para afirmados.....	21
<b>Figura 4.</b> Rodillo Liso.....	23
<b>Figura 5.</b> apisonador .....	23
<b>Figura 6.</b> Placa o rodillos vibratorios.....	24
<b>Figura 7.</b> Rodillo pata de cabra.....	24
<b>Figura 8.</b> clasificación de suelos ASSTHO .....	26
<b>Figura 9.</b> carta de plasticidad .....	28
<b>Figura 10.</b> aparato de límite líquido .....	29
<b>Figura 11.</b> tamaño de partículas de suelo.....	30
<b>Figura 12.</b> Equipo para la en ensayo de compactación Proctor estándar .....	32
<b>Figura 13.</b> Método de cono de arena.....	34
<b>Figura 14.</b> Clasificación SUCS y AASHTO.....	40



## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal evaluar el mejoramiento de la base granular de los pavimentos en la ciudad de Juliaca, mediante la adición de limadura de hierro reciclado. Esta solución innovadora busca abordar los desafíos relacionados con la construcción y mantenimiento de infraestructura vial en la región, al tiempo que promueve prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Objetivos de la adición de limadura de hierro reciclado: Mejorar las propiedades mecánicas de la base granular: Aumentar la resistencia a la compresión y la capacidad de carga del pavimento. Incrementar la cohesión y rigidez de la mezcla, reduciendo las deformaciones. Mejorar la durabilidad y prolongar la vida útil de los pavimentos. Optimizar el drenaje y resistencia al congelamiento: Facilitar la formación de canales de drenaje dentro de la estructura del pavimento. Mejorar la capacidad de evacuación del agua y reducir el riesgo de saturación. Disminuir la susceptibilidad al congelamiento y deshielo en condiciones climáticas adversas. Promover la economía circular y la gestión sostenible de residuos: Reutilizar la limadura de hierro, un residuo industrial, en la construcción de pavimentos. Reducir la necesidad de extraer nuevos recursos naturales. Minimizar el impacto ambiental asociado a la disposición inadecuada de residuos. Generar beneficios económicos a largo plazo:

Reducir los costos de mantenimiento y reparación de los pavimentos.

Optimizar la inversión en infraestructura vial.



Disminuir los costos ambientales asociados a la extracción de materiales vírgenes. Objetivos del mejoramiento de la base granular:

Aumentar la resistencia y durabilidad de los pavimentos.

Mejorar el rendimiento y la capacidad de carga de la infraestructura vial.

Reducir los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo.

Prolongar la vida útil de los pavimentos y optimizar la inversión en infraestructura.

Fomentar el desarrollo económico local al contar con vías de comunicación eficientes.

Contribuir a la movilidad segura y cómoda de la población.

**Palabras Claves:** Pavimento, base granular, resistencia, rendimiento.



## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate the improvement of the granular base of pavements in the city of Juliaca, through the addition of recycled iron filings. This innovative solution seeks to address the challenges related to the construction and maintenance of road infrastructure in the region, while promoting sustainable and environmentally friendly practices.

Objectives of the addition of recycled iron filings: Improve the mechanical properties of the granular base: Increase the compressive strength and load-bearing capacity of the pavement. Increase the cohesion and stiffness of the mix, reducing deformations. Improve the durability and extend the service life of pavements. Optimize drainage and freeze resistance: Facilitate the formation of drainage channels within the pavement structure. Improve water drainage capacity and reduce the risk of saturation. Decrease susceptibility to freezing and thawing in adverse weather conditions. Promote circular economy and sustainable waste management: Reuse iron filings, an industrial waste, in pavement construction. Reduce the need to extract new natural resources. Minimize the environmental impact associated with improper waste disposal. Generate long-term economic benefits:

Reduce pavement maintenance and repair costs.

Optimize investment in road infrastructure.

Decrease environmental costs associated with the extraction of virgin materials. Objectives of granular base improvement:

Increase pavement strength and durability.



Improve the performance and load capacity of road infrastructure.

Reduce long-term maintenance and repair costs.

Extend pavement life and optimize infrastructure investment.

Promote local economic development through efficient roadways.

Contribute to the safe and comfortable mobility of the population.

**Keywords:** Pavement, granular base, resistance, performance.



## INTRODUCCIÓN

La construcción de pavimentos es una actividad fundamental para el desarrollo de infraestructura vial en cualquier ciudad. En particular, la ciudad de Juliaca, ubicada en la región Puno, Perú, ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas décadas, lo que ha generado una mayor demanda de vías de comunicación eficientes y duraderas. En este contexto, surge la necesidad de explorar alternativas innovadoras que permitan mejorar la calidad y el desempeño de los pavimentos, al tiempo que se promueven prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Una de las soluciones prometedoras es el mejoramiento de la base granular de los pavimentos mediante la adición de limadura de hierro reciclado. Esta técnica aprovecha un residuo industrial que, de otro modo, podría convertirse en un contaminante, transformándolo en un valioso componente para la construcción de carreteras. La limadura de hierro, un subproducto del proceso de mecanizado de metales, posee propiedades únicas que pueden mejorar significativamente la resistencia, la durabilidad y la capacidad de drenaje de la base granular.

Al incorporar la limadura de hierro reciclado en la mezcla de la base granular, se busca optimizar el comportamiento mecánico del pavimento, reduciendo así los costos de mantenimiento y prolongando su vida útil. Además, esta práctica contribuye a la gestión sostenible de los recursos, promoviendo la economía circular al reutilizar materiales que, de otro modo, serían desechados.



En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de la base granular mejorada con la adición de limadura de hierro reciclado en pavimentos para la ciudad de Juliaca. Se analizarán factores clave como la resistencia a la compresión, la capacidad de drenaje y la durabilidad, con el fin de determinar la viabilidad técnica y económica de esta solución innovadora.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Exposición de la situación de la problemática

En la región sur del Perú, Juliaca ha experimentado un crecimiento poblacional y económico significativo en las últimas décadas. Este desarrollo acelerado ha generado una mayor demanda de infraestructura vial eficiente y duradera para satisfacer las necesidades de transporte y movilidad de la población.

Sin embargo, la construcción y mantenimiento de pavimentos en Juliaca se enfrenta a varios desafíos. En primer lugar, las condiciones climáticas adversas, caracterizadas por temperaturas extremas y precipitaciones intensas, pueden afectar la integridad y la vida útil de los pavimentos convencionales. Además, la disponibilidad y el costo de los materiales de construcción tradicionales, como el cemento y los aglomerantes, pueden representar un obstáculo para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial a gran escala.



Por otro lado, la gestión inadecuada de los residuos industriales en la región ha generado impactos ambientales negativos. Uno de estos residuos es la limadura de hierro, un subproducto del proceso de mecanizado de metales que, en la actualidad, se desecha sin un tratamiento adecuado, contribuyendo a la contaminación del suelo y las fuentes de agua.

Ante esta situación, surge la necesidad de explorar soluciones innovadoras que permitan mejorar la calidad y el desempeño de los pavimentos en Juliaca, al tiempo que se promueven prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente. El uso de la limadura de hierro reciclado como aditivo en la base granular de los pavimentos se presenta como una alternativa prometedora para abordar estos desafíos.

La incorporación de la limadura de hierro reciclado en la mezcla de la base granular puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas del pavimento, aumentando su resistencia, durabilidad y capacidad de drenaje.

Consideraciones como la capacidad de drenaje, la resistencia a la compresión, la durabilidad y el rendimiento a largo plazo deben utilizarse para evaluar el rendimiento en el mundo real de las bases granulares que contienen limaduras de hierro recicladas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Interrogante General**

¿De qué forma la adición de la limadura de hierro reciclada mejora las características de la base granular para pavimentos en la ciudad de Juliaca?



## 1.2.2 Interrogantes específicos

1. ¿Cuáles serán las propiedades físicas de los materiales para base granular en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca?
2. ¿De qué forma las características de la limadura de hierro reciclado y proporción del material para sustitución del agregado fino para base granular?
3. ¿Cuáles serán los resultados de la resistencia de la base granular con adición de limadura de hierro con diferentes proporciones para pavimentos en la ciudad de Juliaca?

## 1.3 Justificación de la investigación

### 1.3.1 Justificación técnica

Aquí tienes una posible justificación técnica para el "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA":

El uso de la limadura de hierro reciclado como aditivo en la base granular de los pavimentos se sustenta en varios aspectos técnicos que pueden mejorar significativamente el desempeño y la durabilidad de la infraestructura vial en la ciudad de Juliaca.

Consideraciones como la capacidad de drenaje, la resistencia a la compresión, la durabilidad y el rendimiento a largo plazo deben utilizarse para evaluar el rendimiento en el mundo real de las bases granulares que contienen limaduras de hierro recicladas. Esto se traduce en una mayor capacidad de carga



del pavimento, lo que permite soportar cargas más pesadas sin deformaciones excesivas.

Además, la limadura de hierro puede mejorar las propiedades de drenaje de la base granular. Las partículas de hierro, al ser más densas que los materiales granulares convencionales, facilitan la formación de canales de drenaje dentro de la estructura del pavimento. Esto permite una salida más eficiente del agua, reduciendo el riesgo de saturación y deterioro prematuro de la base.

Otro aspecto relevante es la durabilidad de la base granular mejorada. La limadura de hierro es un material resistente a la corrosión y a los agentes atmosféricos, lo que puede prolongar la vida útil del pavimento. Además, su presencia en la mezcla puede disminuir la susceptibilidad al congelamiento y deshielo, un factor crítico en las condiciones climáticas adversas de Juliaca.

### **1.3.2 Justificación económica**

La implementación del mejoramiento de la base granular con la suma de limadura de hierro reciclado en los pavimentos de la ciudad de Juliaca puede ofrecer beneficios económicos significativos a mediano y largo plazo, tanto para las autoridades locales como para la comunidad en general.

En primer lugar, el uso de la limadura de hierro reciclado como aditivo en la base granular puede reducir los costos de construcción de los pavimentos. La limadura de hierro es un subproducto industrial que, en lugar de ser desechado, puede ser reutilizado en la construcción de carreteras. Esto no solo reduce los costos asociados a la disposición final de este residuo, sino que también disminuye la necesidad de adquirir materiales vírgenes más costosos.



Además, la incorporación de la limadura de hierro en la base granular puede mejorar la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos. Al aumentar la resistencia a la compresión, la capacidad de drenaje y la capacidad de soportar cargas pesadas, se prolonga la vida útil de la infraestructura vial. Esto se traduce en una reducción significativa de los costos de mantenimiento y reparación a lo largo del tiempo, optimizando así la inversión realizada en la construcción de carreteras.

Otro aspecto económico relevante es la reducción de los costos asociados a la gestión de residuos industriales. Al reutilizar la limadura de hierro en los pavimentos, se disminuye la cantidad de residuos que deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada, lo que conlleva gastos adicionales para las industrias generadoras.

Desde una perspectiva más amplia, la mejora de la infraestructura vial en Juliaca puede impulsar el desarrollo económico local. Carreteras más duraderas y eficientes facilitan el transporte de bienes y servicios, reduciendo los costos logísticos y fomentando la actividad comercial en la región. Esto puede atraer nuevas inversiones y crear oportunidades de empleo, lo que beneficia directamente a la economía local.

### **1.3.3 Justificación social**

El desarrollo de infraestructura vial de calidad es fundamental para el progreso social de cualquier comunidad, incluyendo la ciudad de Juliaca. El uso de limaduras de hierro recicladas en los pavimentos puede suponer grandes ventajas sociales para la población local.



En primer lugar, la mejora de las carreteras y vías de comunicación facilita la movilidad y accesibilidad de la población. Pavimentos más duraderos y resistentes brindan condiciones de tránsito más seguras y cómodas, reduciendo el riesgo de accidentes y contribuyendo a un desplazamiento más eficiente de personas y bienes. Al facilitar a los residentes el acceso a servicios vitales como la educación, la sanidad y el empleo, se mejora su calidad de vida.

Además, la construcción de pavimentos más resistentes y duraderos puede fomentar el desarrollo económico local, generando nuevas oportunidades de empleo y mejorando las condiciones laborales.

Otro aspecto social relevante es la promoción de prácticas sostenibles y la gestión adecuada de residuos industriales. Al reutilizar la limadura de hierro en los pavimentos, se reduce la cantidad de residuos que podrían contaminar el entorno y afectar la salud de la población. Esto contribuye a preservar un ambiente más limpio y saludable para las generaciones presentes y futuras.

#### **1.3.4 Justificación ambiental**

En primer lugar, se promueve la economía circular al reutilizar un residuo industrial que, de otra manera, sería desechado. La limadura de hierro, un subproducto del mecanizado de metales, es un material que frecuentemente se considera un desecho y se dispone de manera inadecuada, contribuyendo a la contaminación del suelo y las fuentes de agua. Al incorporarlo en la base granular de los pavimentos, se evita su disposición final y se reduce la generación de residuos sólidos.

Además, el uso de la limadura de hierro reciclado en los pavimentos disminuye la necesidad de extraer nuevos recursos naturales para la construcción



de carreteras. La extracción de materiales vírgenes, como grava y arena, puede causar impactos ambientales significativos, incluyendo la destrucción de hábitats naturales, la erosión del suelo y la contaminación del aire y el agua. Al utilizar un material reciclado, se reduce la presión sobre los ecosistemas y se preservan los recursos naturales.

Otro aspecto relevante es el menor consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociados al proceso de producción de la limadura de hierro reciclada en comparación con la extracción y procesamiento de materiales vírgenes. Esto contribuye a reducir el impacto ambiental de la construcción de pavimentos y a reducir la huella de carbono asociada a estas actividades.

Además, la mayor durabilidad y resistencia de los pavimentos mejorados con la adición de limadura de hierro reciclado puede prolongar su vida útil, reduciendo la necesidad de realizar reparaciones y renovaciones frecuentes. Esto disminuye la cantidad de residuos de construcción y demolición generados, así como el consumo de recursos y energía asociados a estos procesos.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar la resistencia de la base granular con adición de limadura de hierro reciclado para mejoramiento de pavimentos en la ciudad de Juliaca.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las propiedades físicas de los materiales para base granular en pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca.



2. Analizar las características de la limadura de hierro reciclado y proporción del material para sustitución del agregado fino para base granular.
3. Evaluar la resistencia de la base granular con adición de limadura de hierro con diferentes proporciones para pavimentos en la ciudad de Juliaca.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

La adición de limadura de hierro mejora las características de una base granular para pavimentos en la ciudad de Juliaca.

### 1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas de los materiales nos darán resultados efectivos para determinar las características de los materiales empleados para una base granular.
2. La adición de la limadura de hierro permitirá el conocimiento de las proporciones estimadas para los parámetros de diseño de una base granular.
3. La resistencia de la base granular con adición de limadura de hierro nos permitirá mejorar la estructura de un pavimento urbano para la ciudad de Juliaca.

## 1.6 Variables e indicadores

VI = Limadura de hierro, resistencia de material granular modificada



VD = Pavimentos Urbanos, Capa base granular

## 1.7 Operacionalización de las variables

### Mejoramiento de Suelos para Pavimentos

El objetivo de la mejora del suelo es mejorar sus cualidades físicas y mecánicas para convertirlo en un material de cimentación más adecuado, con mayor resistencia y durabilidad.

### CBR

Originaria de California, la prueba de capacidad portante (CBR) determina la carga máxima que puede soportar sin que el material se asiente demasiado. La relación se expresa en porcentaje, y consiste en comparar la presión necesaria para clavar un ariete en el suelo con la presión necesaria para alcanzar la misma profundidad en una muestra de referencia.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 *Antecedentes Internaciones*

En la investigación de Estuardo De León (2019) se incluyen las técnicas para garantizar y evaluar el espesor de los suelos obtenidos en campo y una hipotética aproximación funcional a los múltiples beneficios e inconvenientes de la técnica. Esta investigación utilizó un densímetro atómico y la técnica de la arena como sus dos pruebas oficiales. Se utilizaron dos tipos de materiales: la roca arenosa, algo limosa y de color grisáceo, y la roca triturada, de color grisáceo, que se encuentra en la región de Masagua, en las riberas de las quebradas San Joaquín y Guacalate; la primera se utilizó para la sub-base, mientras que la segunda se utilizó para las zapatas.

Conclusiones



Es importante tener en cuenta el factor tiempo a la hora de decidir entre una prueba u otra, incluso si fuera posible determinar que la estrategia de la arena es el método mejor y más práctico para asegurar el espesor sobre el terreno. Las empresas valoran estos datos, ya que demuestran que las pruebas de medidor de espesor atómico tardan solo 15 segundos en completarse, en contraste con los 30 a 40 minutos necesarios para las pruebas de estrategia de arena. De León Estuardo, (2019).

En un estudio de 2013, González uso estudios de cono de arena y densímetro atómico para investigar el asfalto en Quito. Cuando se planifica una mejora del terreno para el desarrollo de taludes, estos métodos también ayudan a determinar el grado de compactación del suelo. un método para garantizar que las capas de la calzada estén adecuadamente compactadas.

## Conclusiones

Una de las principales preocupaciones a la hora de llevar a cabo esta investigación era si los métodos serían equivalentes a la hora de determinar el espesor sobre el terreno, aunque el sistema no fuera especialmente similar. Debido a que la vejiga tiene tendencia a romperse, la técnica del dispositivo volumétrico no se utiliza para suelos granulares. En 2013, Guerrón.

Deben especificarse los factores de tiempo atómico y volumétrico para los medidores de espesor de cono y de arena. La arena es la opción más adecuada para asegurar el espesor sobre el terreno en suelos finos y gruesos, mientras que la técnica volumétrica es eficaz para suelos finos. Los densímetros atómicos ofrecen tiempos de ensayo cortos en comparación con los métodos de arena y volumétrico.



## 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Romero (2018) en Chimbote, Perú, con los siguientes objetivos: examinar las características físicas y atributos mecánicos del material de afirmación (Abrasión, Capacidad Portante - CBR).

Conclusiones:

Gracias a su excepcional adaptabilidad, la capacidad portante (CBR) del material de limpieza de la cantera La Colina proporciona una protección del 56% de la entrada de carga y se contrae cuando se expone al nivel ideal de humedad.

Atiquipa Nieto (2018) cita una propuesta de Estados Unidos, Australia y Sudáfrica como el impulso para el desarrollo de mayor funcionalidad. Cuyo objetivo principal era proporcionar límites de calidad estándar MTC para las carreteras no pavimentadas de Perú con el fin de mejorar su funcionamiento, inspirándose en las propuestas de Estados Unidos, SA y Australia. Hicieron uso de un mecanismo de correlación gráfica.

El propósito de este estudio de Zeta Eche (2019) es hallar las densidades de campo de los suelos cohesivos utilizados para terraplenes en la cantera Ramírez, ubicada en el km 7,000 de la carretera Piura-Paita. El objetivo de Perú. 2019 es comparar el densímetro nuclear con la técnica del cono de arena para ver si uno produce datos más precisos para las operaciones de control de compactación de conformación de terraplenes..

Conclusiones

Los resultados mostraron que el método del cono de arena tenía una desviación estándar menor que el densímetro nuclear, lo que lo convertía en una



opción más fiable para determinar las densidades sobre el terreno. Del mismo modo, todas las mediciones cumplen el parámetro que exige que el grado de compactación sea superior al 95% del proctor modificado para las capas del cuerpo del terraplén. Sin embargo, tres de los puntos de evaluación con el densímetro nuclear no cumplieron este requisito; es importante mencionar que estas pruebas se realizaron en el mismo lugar.

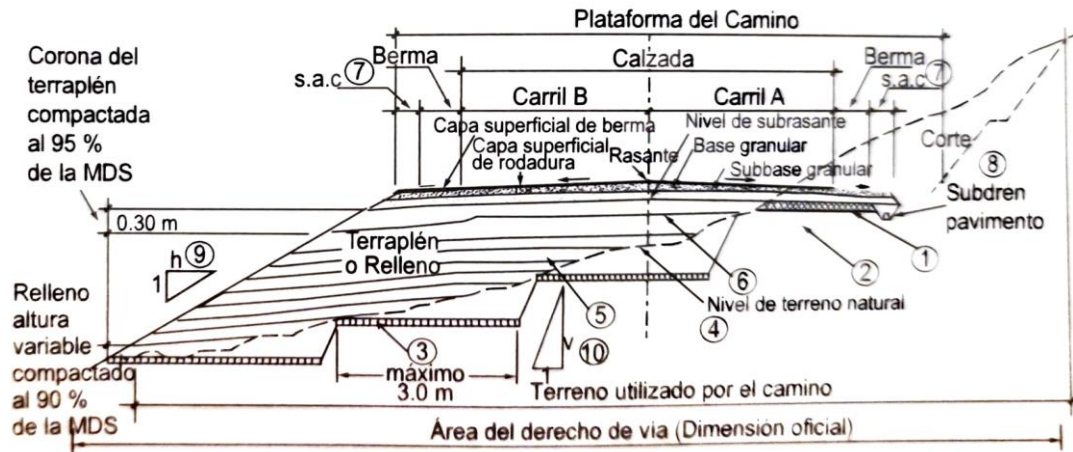
### **2.1.3 Antecedentes Regionales**

En 2019, Nina realizó estimaciones para el CBR in situ, el índice PDC y la densidad de campo utilizando procedimientos de relación medible. El mayor espesor seco se determinó utilizando la Densidad Relativa y pruebas Proctor modificadas. Se midió la pegajosidad de la compactación para confirmar la conformidad del material. Se alcanzaron densidades de 1,40, 1,49, 1,56, 1,64 y 1,73 gr/cm<sup>3</sup> comprimiendo cinco arenas de la cantera de Cutimbo.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Pavimento**

Para facilitar la dinamización de la carga primaria del vehículo, Montejo (2022) propone que esté compuesta por capas uniformemente apiladas, fabricadas con materiales adecuados y comprimidas.

**Figura 1.***Partes de un pavimento**Nota:* manual ICG

El estudio constató que las calles con un revestimiento granular en la parte superior y una superficie móvil, así como las calles con un volumen de tráfico bajo y el mismo número de reiteraciones de pivotes, presentaban diferencias significativas entre sí (MTC, 2014). Hay varios tipos de carreteras que pueden acumular hasta 300.000 EE en una década. Entre ellos se encuentran los caminos de consuelo natural que han sido mejorados con grava, los caminos de grava que han sido recubiertos con una capa de petróleo, los caminos afirmados que tienen una capa de material de cantera como recubrimiento y los caminos de rodadura que han sido tratados con materiales industriales.

### 2.2.1.1 Materiales de afirmado

Los materiales utilizados en un proyecto pueden variar en función de factores como el tamaño de los áridos, las especificaciones de la carretera y las canteras locales. Para evaluar la salud del polvo y el rendimiento de la carretera, es crucial tener en cuenta los cruces urbanos, las regiones agrícolas y los



artefactos históricos, y aplicar medidas para limitar la separación del material granular.

## **2.2.2 Funciones de un pavimento**

Proporcionar un recorrido seguro, cómodo y divertido con un nivel adecuado de consistencia (rugosidad) y suficiente protección contra el contacto es lo que pide Montejo (2022). Independientemente de las condiciones meteorológicas, garantizar el acceso de los vehículos. Reducir el tiempo de desplazamiento, los accidentes y los gastos de mano de obra de los vehículos. Reduzca los gastos en mantenimiento y actividades, al tiempo que colabora y mejora las condiciones de transporte y actividad. Asegúrese de que hay espacio suficiente para trasladar, almacenar o viajar con cosas.

### **Estructura:**

Para controlar el tráfico, evitar daños en el subsuelo y el suelo, y disminuir el impacto del agua y las heladas, Montejo está tomando medidas. Los impactos de la intemperie de 2022 no serán un problema para los materiales de construcción, ya que están diseñados para soportar tanto el tráfico como la intemperie.

### **Medioambiente:**

Satisfacer los requisitos de buen gusto y ecológicos. Reducir el ruido y los contaminantes del aire. Ser lo suficientemente resistente como para soportar las tensiones ambientales (asi el h2o, la oxidación y las influencias de la temperatura) sin romperse rápidamente. Proporcionar una superficie que sea adecuada desde

el punto de vista situacional y climático, haciendo hincapié en las zonas urbanas y protegidas. En el año 2022, Montejo.

### 2.2.3 Tipos de falla en carreteras no pavimentadas

En la siguiente tabla se clasifican las distintas formas de averías en carreteras sin pavimentar según el (MTC, 2016) en función de la gravedad de cada tipo de avería.

**Tabla 1.**

*Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas*

CÓDIGO DE DAÑO	DETERIOROS / FALLAS	GRAVEDAD
1	DEFORMACIÓN	1: Huellas o sumideros sensibles a los usuarios, de menos de 5 cm 2: Fregaderos o huellas que tengan entre 5 y 10 cm de diámetro 3. Fregaderos o huellas que miden 10 cm o más.
2	EROSIÓN	1: Sensible al usuario, con una profundidad inferior a 5 cm 2. Una profundidad que oscila entre 5 y 10 centímetros Etapa 3: Una profundidad de 10 cm o más.
3	BACHES (HUECOS)	1: Reparable con un mantenimiento regular 2. Se necesita una capa adicional de material. 3. Es necesaria la reconstrucción.
4	ENCALAMIENTO	1: Sensible al usuario, con una profundidad inferior a 5 cm. 2. Una profundidad que oscila entre 5 y 10 centímetros Etapa 3: Una profundidad de 10 cm o más.
5 y 6	LODAZAL Y CRUCE DE AGUA	1: Transitabilidad baja o intransitabilidad en épocas de venida No está a niveles de gravedad

*Nota:* (MTC, 2016)



#### **2.2.4 Evaluación estructural**

Las técnicas de evaluación primaria pueden ser catastróficas o no catastróficas, y una evaluación catastrófica típica implica perforar un pozo en una pared para revelar las capas de diseño, lo que permite realizar pruebas de espesor in situ.

Además de colaborar en las labores de recuperación y mejora, los pozos también recogen muestras en abundancia. Estas muestras se trasladan al centro de investigación, donde los hallazgos pueden explotarse en todo su potencial. Entre los muchos temas tratados en la investigación se encuentran los siguientes: límite portante del material de la subrasante, espesor individual de la capa, contenido de humedad, posibles razones del debilitamiento de la capa y espesor de la capa de ajuste. Por el contrario, las pruebas pueden realizarse mediante la creación de agujeros utilizando equipos de perforación; esta alternativa a los pozos es menos complicada, más barata, más rápida y tiene menos probabilidades de agravar la congestión del tráfico en hora punta.

La imposibilidad de extraer conclusiones sobre el espesor «in situ» debido a las limitaciones espaciales es un inconveniente importante. Una herramienta importante para el examen no destructivo de los asfaltos son las estimaciones de redireccionamiento, que permiten realizar pruebas sin necesidad de ensayos destructivos. Cuando se estudian las características «in situ» del asfalto - incluyendo el uso de una solicitud estándar y la predicción de la respuesta de la construcción- resulta útil la magnitud de la desviación del pilote. (Leguía y Pacheco, 2016).

## 2.2.4.1 Clasificaciones de pavimentos

### 2.2.4.1.1 *Pavimento flexible*

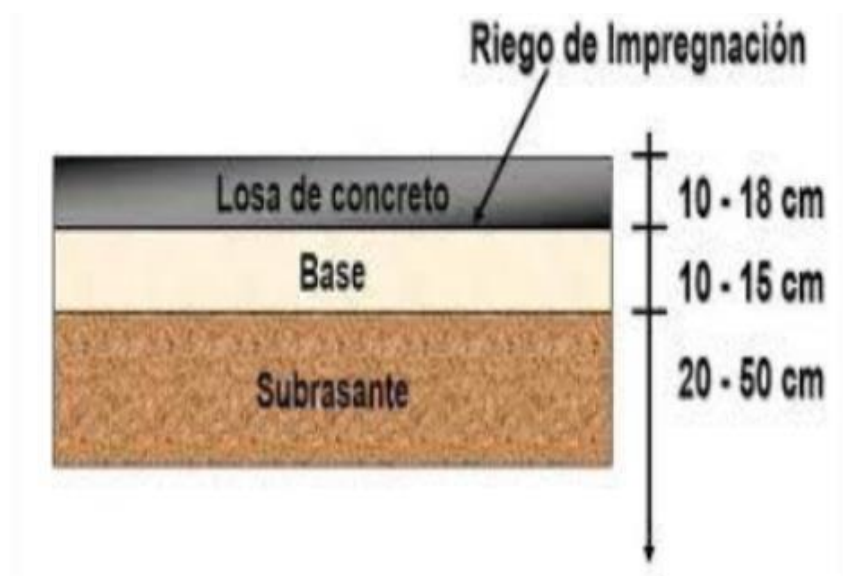
Las carreteras de asfalto constan de una capa superior negra y capas inferiores menos flexibles, hechas de materiales granulares no tratados o ligados. Estas estructuras distribuyen las tensiones de los vehículos y están diseñadas para resistir la acumulación de torsión y otras debilidades.

### 2.2.4.1.2 *Pavimento rígido*

Según Menéndez (2016), se compone de un gran componente sin soporte que actúa como superficie móvil y es un componente esencial del asfalto. A veces es solo la tierra compactada del lugar, mientras que otras veces está sobre una capa de material acopiado independientemente del contexto. En comparación con la subbase, este asfalto es bastante duro. Este componente prevé soportar una parte importante de las cargas generadas por los pilotes. En comparación con el asfalto flexible, también presenta menos deformaciones.

**Figura 2.**

*Partes de un pavimento rígido*





## **2.2.5 Afirmado**

La capa estructural del pavimento, que forma la plataforma de las carreteras rurales, es crucial para el sostenimiento de las carreteras y se encuentra en más del 80% de la red de carreteras de Perú. Esta capa, debajo de la capa de subbase, forma una superficie de pavimento móvil que puede confirmarse o desgarrarse. La superficie de apoyo influye significativamente en el comportamiento de desgaste y deformación de la capa, haciéndola más susceptible a los problemas meteorológicos y de drenaje.

### **2.2.5.1 Tipos de falla en pavimentos afirmados**

Estas son algunas de las causas más comunes del colapso del pavimento.

- Insuficiente sección transversal
- Drenaje deficiente
- Ondulaciones
- Problemas de polvo
- Baches
- Roderas
- Perdida de áridos

## **2.2.6 Cantera**

Por cantera se entienden varios tipos de extracción, como la de rocas ornamentales y modernas, la exploración a cielo abierto y la extracción de otras rocas como calizas, carboníferas y baldosas metálicas. El desarrollo de obras

comunes como carreteras, presas y embalses depende en gran medida del material de construcción pétreo extraído o transformado de los yacimientos.

### 2.2.6.1 Cantera a cielo abierto

Para garantizar las propiedades físicas y mecánicas del material separado son auténticas o coinciden lo más factible, las pruebas comienzan con la limpieza de la zona en la que tendrá lugar la extracción del material. Se retiran diversos materiales, como restos naturales y partes inorgánicas, del material que se pretende extraer. Este proceso se conoce como muestreo abierto y es muy utilizado en esta industria. (Henriquez, 2016).

**Tabla 2.**

*Categorización de canteras*

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
explotacion	a) Canteras a Cielo Abierto: Durante el procedimiento de extracción, se practica una incisión a una profundidad determinada para extraer material pétreo de la ladera de una colina.
El tipo de material	b). Canteras Subterráneas. Su origen puede ser tanto materiales cristalizados, como el granito o la tierra, como materiales no solidificados, como suelos, áridos, aluviones y arcillas.
origen	c) Aluviales. d) Material pétreo.

*Nota:* manual ICG.

### 2.2.7 Características De Los Suelos

De los tres tipos de propiedades del suelo físicas, mecánicas y químicas, las dos primeras revisten especial importancia para los ingenieros civiles a la hora de construir carreteras, mientras que las dos últimas son igualmente cruciales. (2015 RONDON Y REYES)

### 2.2.8 Base granular para afirmados

La capa de solidificación requiere un material granular perfecto, sin plásticos diminutos, ya que interfieren en el deslizamiento de las partículas y debilitan la rejilla protectora. Las partículas deben ser lo bastante grandes para soportar la carga del tráfico.

Figura 3.

*clasificación de suelo para afirmados*

Tamiz	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-				
37.5 mm (1 1/2")	100	-				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
4.25 μm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 μm (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M 147



## **2.2.9 Compactación de suelos**

La compactación del suelo es una técnica que consiste en aplicar tensiones mecánicas al suelo para agrupar sus juntas y aumentar su densidad seca. El nivel de humedad determina la densidad seca máxima. Este proceso reduce los huecos y cambia el volumen del suelo debido a la pérdida de aire. El objetivo es organizar el suelo para que tenga un comportamiento mecánico adecuado a lo largo del proyecto. Sin embargo, se puede mejorar la compresibilidad, la resistencia y la relación presión-deformación. El material puede comprimirse para conseguir la mejor porosidad y flexibilidad posibles. A pesar de los esfuerzos de los profesionales, el diseño de la compactación a menudo hace que la resistencia de la estructura del suelo sea popular.

En el diseño de suelos, es imprescindible tener en cuenta la compresibilidad, la resistencia y una relación satisfactoria entre presión y deformación. A pesar de la actividad de los especialistas en desintegración, la compactación de la estructura del suelo para lograr una porosidad y adaptabilidad óptimas es una práctica popular, ya que garantiza la robustez y adaptabilidad mediante el uso del diseño de compactación.

### **2.2.9.1 Tipos de compactación**

Según (U. C. DE VALPARAISO, 2016), se mencionan tres tipos distintos de compactación:

Trituración bajo presión estática o aplicada.

**Figura 4.**

*Rodillo Liso*



Consolidación por impacto

placa apisonadora que golpea y se separa del suelo a alta velocidad.

**Figura 5.**

*apisonador*



Compactación por vibración

La compactación se logra aplicando al suelo vibraciones de alta frecuencia.

Por ejemplo:

**Figura 6.**

*Placa o rodillos vibratorios.*



Compactación por amasado

**Figura 7.**

*Rodillo pata de cabra*



### 2.2.9.2 Cualidades para compactación de suelo

Suelo reforzado

Reducción de los asentamientos



Reducción del caudal

Posible riesgo de licuefacción

Corrosión y pérdida de suelo.

### 2.2.10 *Máxima densidad seca*

El proceso implica la aplicación de fuerza al tiempo que se garantiza la utilización de la cantidad adecuada de energía de compactación y contenido de hidratación.

### 2.2.11 *Clasificación De Suelo*

Los sistemas fundacionales son el SUCS y el AASTHO. Basándose en consideraciones geotécnicas, estos dos grupos permite prever el comportamiento erróneo de los lodos y maximizar la cantidad de material añadido a las regiones homogéneas. La siguiente tabla muestra la categorización.

**Tabla 3.**

*Clasificación de suelos*

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASTHO AASHTO M - 145	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ASTM - D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Nota:* correlación de los dos sistemas de clasificación de suelos

Dada la gran variedad de suelos que se encuentran en la naturaleza, los ingenieros han desarrollado diversos métodos para clasificarlos. Estos métodos se utilizan posteriormente en diversos campos para basar los cálculos en tipos específicos de suelos. Actualmente, los sistemas más comunes se emplean en los diseños de cimentaciones geotécnicas y pavimentos de carreteras (Montejo Fonseca, 2022).

### 2.2.11.1 Clasificación De Suelos ASSHTO.

Los suelos con símbolos que van de a-1 a a-8 se clasifican en 8 clases en función de su comportamiento. Hay doce niveles en este esquema de categorización. (Montejo Fonseca, 2022).

**Figura 8.**

*clasificación de suelos ASSTHO*

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos					
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
% pasante #10	50% máx						51% mín					
#40	30% máx	50% máx										
#200	15% máx	25% máx	35% máx	35% máx	35% máx	35% máx		10% máx	36% mín	36% mín	36% mín	36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40							N.P.					
LL			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín			40% máx	41% mín	40% máx	41% mín
Ip	6% máx	6% máx	10% máx	10% máx	11% mín	11% mín			10% máx	10% máx	11% mín	11% mín
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx	
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos		

*Nota:* manual icg (2022)

### 2.2.12 Análisis granulométrico

El tamaño puede variar desde muy diminuto hasta casi infinito, siendo los granos más grandes los más fáciles de mover por la fuerza bruta y los más finos tan diminutos que no deberían ser audibles a través de un amplificador normal.

Según la norma ASMT D-422 de 2007, el análisis granulométrico se utiliza para determinar el tamaño medio de las partículas del suelo y la distribución granulométrica como porcentaje del peso total.

En el Análisis Mecánico, se determina el peso de cada componente para partículas de tamaño uniforme. Se trata de una prueba de suelo común y bien conocida que puede decir mucho sobre la superficie del suelo y lo consistente o graduado que es un material dentro de ciertos rangos (ASMT D-422, 2007).

Estos tamices comunes son necesarios para la presentación visual.

**Tabla 4.**

*Tamaño de los agujeros de los tamices normalizados*

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3"	76.2
2 ½"	63.5
2"	50.8
1 ½"	38.1
1"	25.4
¾ "	19.1
½ "	12.7
3/8 "	9.52
¼ "	6.35
No. 4	4.76
No. 10	2
No. 40	0.42
No. 200	0.075

*Nota:* (ASMT D-422, 2007)

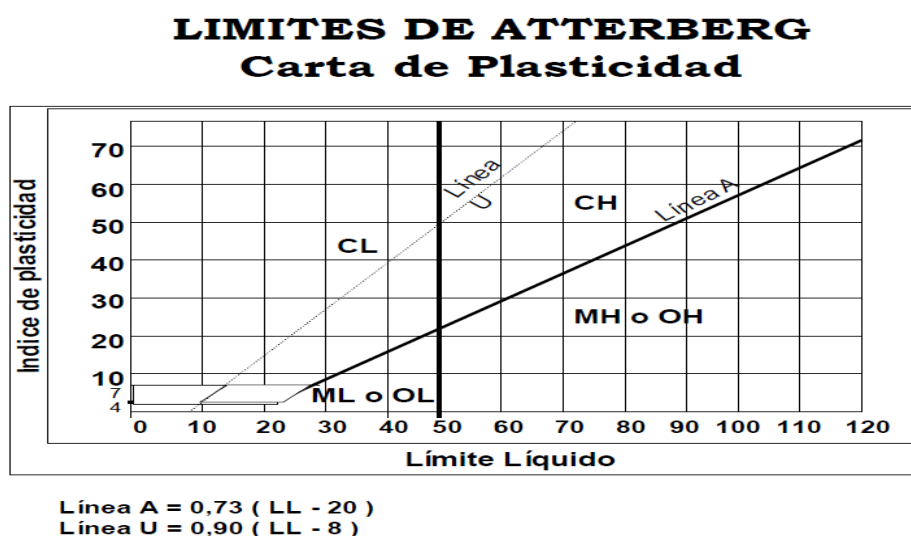
En la mayoría de los casos, se puede deducir el tipo de suelo principal y los componentes potenciales a partir de la curva granulométrica. Uno de estos componentes es la anchura de los granos, o D<sub>10</sub>. Este es el tamaño relativo al 10% de la curvatura granulométrica.

### 2.2.13 Límites de ATTERBERG

El punto de ruptura transicional puede ser diferente a diferentes propiedades de las sustancias, dependiendo de su temperatura y contenido de agua. La estructura puede doblarse y soportar deformaciones sustanciales, y se puede descomponer en agua o secar completo. La adhesión es más importante que las cualidades propias del suelo en el suelo. El suelo debe estar húmedo para que una fisura de 2 mm de ancho se selle en su base a 13 mm. Las pruebas agrícolas se realizan a mediados del siglo XX, y su uso podría ampliarse a nivel mundial. (Juárez y Rico, 2015,).

**Figura 9.**

*carta de plasticidad*



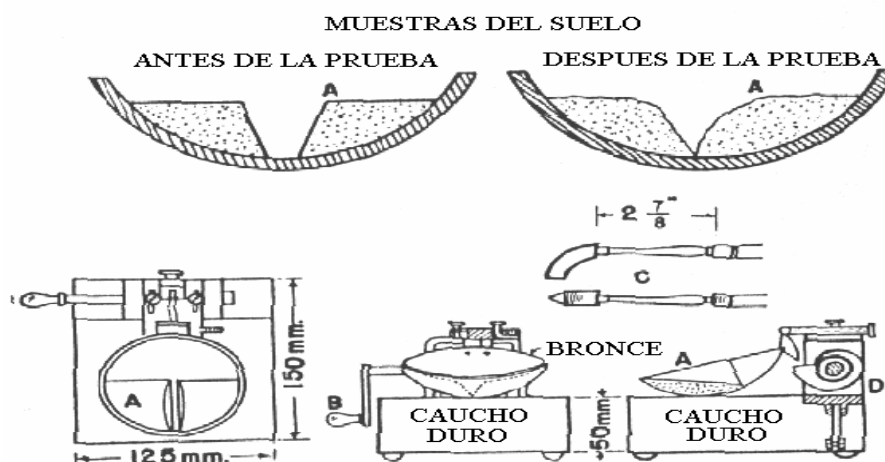
*Nota:* (Henriquez Ulloa, 2016).

### 2.2.13.1 Limite liquido (LL)

Es el límite entre el estado líquido y plástico

Figura 10.

*aparato de límite líquido*



### 2.2.13.2 Limite Pastico (LP)

Límite entre el estado plástico y semi-sólido.

### 2.2.13.3 Límite de contracción (LC)

El nivel de humedad más alto en el que el volumen del suelo no se ve afectado por una disminución de la humedad.

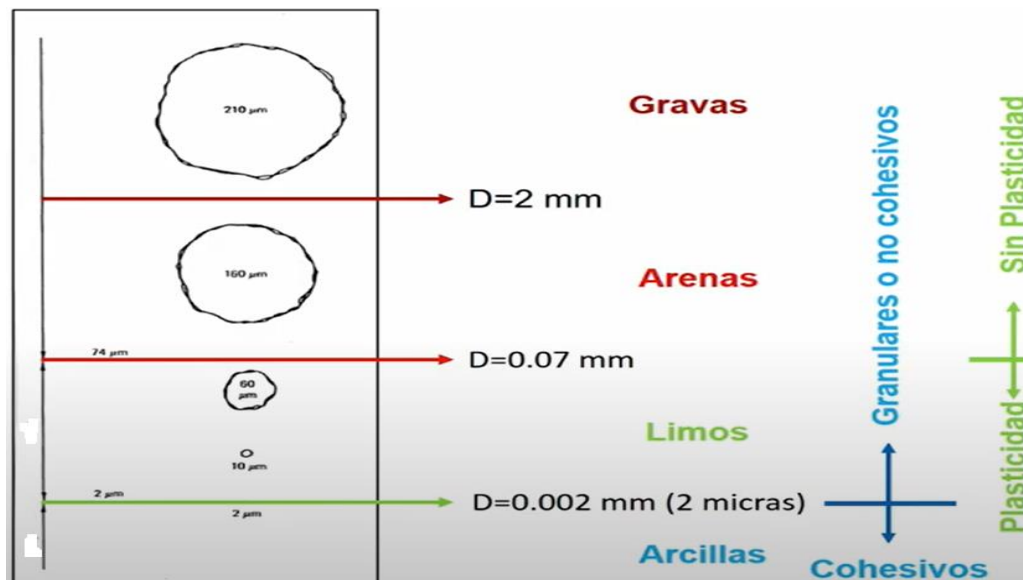
### 2.2.14 Índice de plasticidad

Para entender la plasticidad, es importante comprender que el suelo es una sustancia porosa compuesta por partículas minerales de distintos tamaños y tipos. La distribución de estas partículas influye en las características del suelo, y cuanto mayor es el contenido de agua, más porosas son las partículas.

El suelo a menudo contiene una combinación de arena, limo y arcilla. Debido a sus propiedades inherentes de absorción de agua, las diversas formas de limo, arcilla, grava y arena se comportan de manera diferente en cualquier suelo particular cuando se exponen a concentraciones variables de agua. Cuando se exponen a diferentes concentraciones de agua. El patrón de partículas del suelo se ve en la siguiente imagen. En la siguiente imagen..

**Figura 11.**

*tamaño de partículas de suelo*



La consistencia del suelo se rige por la cantidad de humedad en sus poros.

Basándose en la tabla adjunta, los suelos poco arcillosos con un índice de plasticidad modesto pueden clasificarse de la siguiente manera.

**Tabla 5.**

*Clasificación de plasticidad*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
-----------------------	-------------	----------------



IP > 20	ALTA	SUELOS MUY ARCILLOSOS
IP > 20		
IP > 7	MEDIA	SUELOS ARCILLOSOS
		SUELOS POCO ARCILLOSOS
IP > 7	BAJA	PLASTICIDAD
IP > 0	NO PLÁSTICO (NP)	SUELOS EXENTOS DE ARCILLA

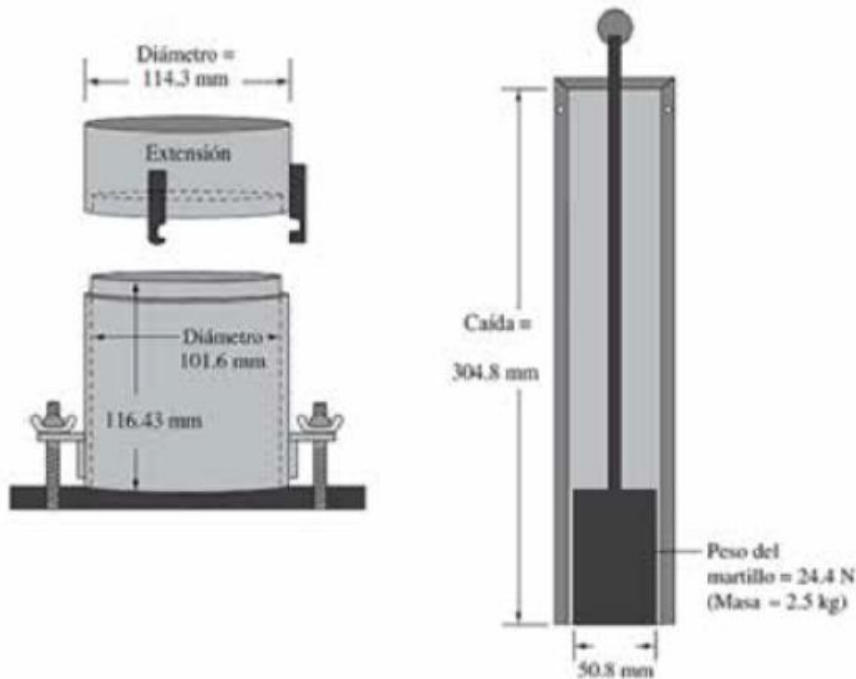
### 2.2.15 Proctor

Un método esencial para averiguar el porcentaje de compactación del suelo es la prueba Proctor, que forma parte de la mecánica del suelo. La compactación es la densidad seca máxima en función del contenido de humedad a una energía de compactación determinada; es una medida de la sequedad o humedad del suelo y de cómo afecta a la estabilidad y resistencia del suelo.

Por ejemplo, la prueba consiste en compactar una determinada superficie de suelo añadiendo agua a una cámara para modificar su contenido de humedad. De este modo se crea una curva que relaciona las dos variables, el crecimiento del espesor seco y la humedad, con una cantidad específica de energía de compactación. En función del tipo de suelo y sustratos encontrados, la importancia de la tasa de compactación indicada (%) viene determinada por la información sobre el límite de apilamiento del suelo.

#### 2.2.15.1 Proctor estándar

El centro de investigación emplea marcos de compactación para investigar la correlación entre el peso unitario seco del suelo y el contenido de agua. En un molde con una circunferencia de 101,6 mm, la muestra de suelo se compacta en tres capas iguales, se martillea con 25 golpes y se empaqueta.

**Figura 12.***Equipo Proctor estándar*

Nota: (MTC , 2016)

### 2.2.15.2 Proctor modificado

El (MTC , 2016). Los suelos que no se vacían fácilmente tendrán a menudo un peso unitario seco máximo variado cuando se ensayan con este método. El peso seco máximo será comparable, si no idéntico, al obtenido utilizando el método de ensayo ASTM D 4253 (NTP 339.137) cuando se aplica a suelos que se han vaciado libremente.

### 2.2.16 Relación Humedad – Densidad Compactación

Al igual que la mezcla del suelo mejora sus cualidades mecánicas, la compactación del suelo hace lo mismo. En el texto se subraya la importancia de mantener un contenido de humedad adecuado, o «contenido de humedad ideal». es fundamental para las obras de construcción de carreteras porque permite una

compactación óptima de taludes y estratos, lo que a su vez consigue un espesor máximo del suelo. Para la compactación del material, este nivel de humedad es crucial.

### **2.2.17 Ensayo cbr**

Los totales compactados y el límite de carga del suelo determinan el grado del suelo para la subbase, la base y la subrasante asfáltica. La resistencia al cizallamiento del suelo y su capacidad para regular la humedad se utilizan para calcular el coeficiente de ayuda. Es la fuerza esperada necesaria para penetrar un cilindro uniforme hasta una determinada profundidad y se establece de acuerdo con las normas locales.

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 (\%)$$

### **2.2.18 Densidad de campo**

Las pruebas de compactación del suelo se validan mediante este ensayo, que mide el espesor del suelo. La práctica habitual consiste en introducir un recipiente de 4 litros en un cono de arena uniforme que tiene un orificio de 12,5 mm, un hueco interior y un canal. El cono de arena cumple las normas ASTM n° 10 y n° 35 y se incluye en el interior de las redes.

- Un par de balanzas precisas, una de más de 10 kg y otra de 1000 gr, con resoluciones respectivas de 1 gr y 0,01 gr. Lo siguiente.

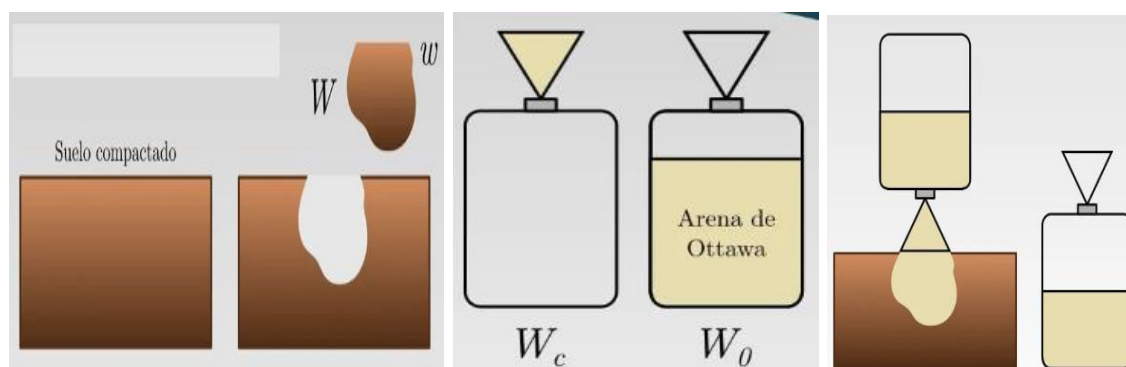
- Estufa o cocina de tierra para secado. Se trata de un molde de compresión convencional con una capacidad de 944 cc y un diámetro de 4 pulgadas.

La prueba de densidad de campo MTC E117-2000, que mide la densidad del suelo tanto en su estado natural como compactado.

Cave un agujero tan grande como el asiento del cono; la profundidad debe ser proporcional a las dimensiones del material. Rellene el hoyo con arena Ottawa uniformemente graduada utilizando el método del cono de arena; luego, utilizando la diferencia de peso, encuentre el volumen del hoyo y la densidad.

**Figura 13.**

*Método de cono de arena*



Fórmula densidad de campo:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

W<sub>s</sub> = peso seco del suelo excavado del hoyo

V = volumen de profundidad

## 2.3 Marco conceptual

### 2.3.1 Suelo

abarca todo tipo de materiales terrosos en ingeniería; es una colección estructurada y definida con atributos que cambian vectorialmente.



### **2.3.2 Pavimento**

Construcción de capa granular sobre suelo o subsuelo no mejorado.

### **2.3.3 Afirmado**

Se trata de una superficie móvil para calzadas no pavimentadas formada por una capa compactada de material granular manipulado o regular con una gradación determinada para soportar las cargas y esfuerzos del movimiento de vehículos. La mezcla debe contener cantidades suficientes de partículas finas y gruesas.

### **2.3.4 Compactación**

El término se refiere a la técnica de utilizar fuerza mecánica para aumentar la densidad seca del suelo.

### **2.3.5 Densidad de campo**

Determine el grado de compactación y las densidades húmeda y seca del suelo compactado con esta prueba.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Proceso metodológico

El método científico es un enfoque cuantitativo de carácter evaluativo que implica el análisis de los datos de las variables, así como evaluaciones de campo y de laboratorio.

##### 3.1.1 *Enfoque cuantitativo*

Campo El estudio se basa en experimentos de campo que evalúan la compactación mediante la prueba del cono de arena y examinan las propiedades del material granular en el pavimento afirmado. A continuación, se utilizarán los datos cuantitativos para determinar el grado de afectación y la solución.

En cuanto a la determinación cuantitativa del material y la compactación in situ mediante el cono de arena, este enfoque cumplirá los resultados del estudio.

##### 3.1.2 *Nivel explicativo*

El desarrollo del trabajo aborda los factores que conducen a la degradación de las carreteras llamando la atención sobre las regiones susceptibles y midiendo la cantidad real de compactación a nivel de carril.



## 3.2 Metodología de la investigación

Debido a que nuestra investigación es de carácter explicativo, debemos estar familiarizados con el método científico, el cual utiliza aspectos cuantitativos para demostrar los procesos de las hipótesis; Nuestra comprensión de los objetivos y los componentes numéricos, en lo que respecta a las normas peruanas e internacionales, es crucial para extraer conclusiones adecuadas de nuestro estudio.

## 3.3 Población y muestra

### 3.3.1 Población

Pavimentos urbanos de la ciudad de Juliaca, esta investigación se realizó en cantera y laboratorio de suelos y asfalto de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

### 3.3.2 Muestra

Utilizando un enfoque de muestreo no probabilístico, la investigación evalúa los suelos de Juliaca. Con el fin de evaluar la idoneidad del material para proyectos de infraestructura, realiza un análisis de cantera para definir las características mecánicas del suelo. Para ello se utilizan pruebas como el CBR y el Proctor modificado. Los datos recogidos se utilizan después para el diseño y la construcción.

## 3.4 Técnicas e instrumentos de la investigación

### Técnica:

- Estudio de materiales
- Análisis de propiedades físicas



- Análisis de propiedades mecánicas
- Diseño de proporciones estimadas para bases granulares  
adicionadas

### **Instrumentos:**

- Ensayos de laboratorio
- Descripción de materiales



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Existe una necesidad inmediata para la restauración y pavimentación de la Circunvalación Nueva, una vía periférica dentro de la Ciudad Universitaria de la UANCV que ahora está cubierta con una superficie de tierra afirmada no atendida. Utilizando una sección de 1 km y cuatro fosas de prueba excavadas a una profundidad de 1.5 m cada 250 m, el estudio examinó la subrasante y los efectos de cuatro diferentes porcentajes de material granular (10%, 15%, 20% y 25%) en cada fosa. Los resultados se presentan en este capítulo. Descripción: Actualización de la situación de Circunvalación Nueva, primera parte.

La Figura 14, Presenta la condición de la Circunvalación Nueva; las coordenadas iniciales del estudio son: latitud  $-15^{\circ}32'3''$  S, longitud  $-70^{\circ}6'56''$  O, y altitud 3823 msnm.

Evidencia Fotográfica

**Figura 14.**

*Clasificación SUCS y AASHTO.*



Descripción: Estado situacional de la Circunvalación Nueva, fin del tramo

#### **4.1 Trabajo de laboratorio**

Según, en la Circunvalación Nueva se realizaron cuatro calicatas en la Circunvalación Nueva de Juliaca, tramo de estudio 1.00 km, realizando las calicatas cada 250m, en la cual se recoge dichas muestras para su estudio a nivel de subrasante a una profundidad de 1.50m de excavación. Se realizaron los siguientes ensayos en el laboratorio:

Mediante pruebas de laboratorio, análisis granulométricos y revisión de los límites de consistencia, este estudio geotécnico pretende conocer las cualidades físicas y dinámicas de las muestras de suelo tomadas de las subrasantes. Para el diseño y la construcción de proyectos de infraestructuras, también clasificará el suelo mediante los métodos SUCS y AASHTO, el ensayo Proctor modificado y el California Bearing Ratio.

**Tabla 6.***Resultados Contenido de humedad.*

N°	Suelos de la Subrasante	Humedad	Contenido natural de humedad
		Optima (%)	(W%)
1	Muestra 1	18.00	10.09
2	Muestra 2	18.10	9.98
3	Muestra 3	18.00	10.26
4	Muestra 4	17.95	9.52
<b>Promedio</b>		<b>18.01</b>	<b>9.96</b>

Tras determinar que el nivel de humedad natural del suelo es óptimo, el ingeniero sugerirá un volumen de agua y una compactación regulares de acuerdo con la norma MTC. Si es superior al ideal, tendrá que secar el suelo, proporcionar más energía de compactación o retirar el material saturado. Para averiguar si el contenido medio de humedad natural puede soportar las necesidades de compactación del proyecto, se sugiere realizar una sección de prueba.

**Tabla 7.***Evaluación del ensayo de Granulometría.*

N°	Suelos de la subrasante	Granulometria		
		grava (%)	arena (%)	fino (%)
1	Muestra 1	5.93	17.00	83.00
2	Muestra 2	5.19	14.66	85.34
3	Muestra 3	6.77	17.65	82.35
4	Muestra 4	5.03	13.45	86.55
<b>Promedio</b>		<b>5.73</b>	<b>15.69</b>	<b>84.31</b>

Explicación. - Se utilizó la norma MTC E-107 para evaluar el análisis granulométrico. Los suelos se clasificaron como finos si más del 35% de sus partículas pasaban por un tamiz de 0,075 mm (n° 200).

Los resultados del laboratorio muestran que los suelos son finos, ya que una media del 84,31% de ellos atraviesa el tamiz n.º 200.

**Tabla 8.**

*Ensayos atterberg.*

Nº	Suelos de la subrasante	Limite de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	Muestra 1	40.54	32.03	8.51
2	Muestra 2	39.53	30.77	8.76
3	Muestra 3	39.88	31.62	8.26
4	Muestra 4	39.68	31.58	8.10
<b>Promedio</b>		<b>39.91</b>	<b>31.50</b>	<b>8.41</b>

La interpretación se basa en el IP, que indica que tiene un nivel medio de plasticidad ( $IP > 7$  o  $IP > 20$ ).

Utilizando los criterios establecidos por la SUCS y la AASHTO, los resultados de laboratorio muestran que los suelos de la subrasante tienen un índice de plasticidad medio, con una media del 8,41%.

**Tabla 9.**

*Pruebas del ensayo para SUCS y AASHTO.*

Nº	Suelos de la subrasante	Clasificación		
		SUCS	AASHTO	INDICE GRUPO
1	Muestra 1	ML	A-5	8
2	Muestra 2	ML	A-4	8
3	Muestra 3	ML	A-4	8
4	Muestra 4	ML	A-4	8
<b>Promedio</b>		<b>ML</b>	<b>A-4</b>	<b>8</b>

Según los resultados de las pruebas de laboratorio, el suelo de la subrasante es inadecuado; con un IG medio de 8, está clasificado como suelo limoso, que se considera de regular a inadecuado tanto por el sistema AASHTO

(A4) como por el SUCS (ML), y está asociado a limos arenosos y de baja plasticidad.

Una interpretación Proctor modificada para la compactación.

**Tabla 10.**

*Evaluación de Proctor Modificado.*

N°	Suelos de la subrasante	COMPACTACION	
		Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
1	Muestra 1	1.670	18.00
2	Muestra 2	1.670	18.10
3	Muestra 3	1.675	18.00
4	Muestra 4	1.675	17.95
<b>Promedio</b>		<b>1.76</b>	<b>18.01</b>

En condiciones ideales, el COA es de 18,01% y la densidad seca máxima es de 1,67 gr/cm<sup>3</sup>.

Realizaremos la prueba CBR basándonos en este resultado.

Prueba fotográfica

Coefficiente de compactación (CBR).

**Tabla 11.**

*Evaluación de CBR.*

N°	Suelos de la subrasante	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Muestra 1	4.40	5.90
2	Muestra 2	4.55	5.95
3	Muestra 3	4.85	5.83
4	Muestra 4	4.43	5.60
<b>Promedio</b>		<b>4.56</b>	<b>5.82</b>



La prueba CBR indica que una condición es S1: «Subrasante Insuficiente» si los resultados caen dentro del rango de CBR3% a CBR<6%.

La subrasante se considera inadecuada según los cálculos del coeficiente de soporte de California (CBR): 5,82% al 100% y 4,56 al 95%.

Las pruebas han revelado suelos limosos en la subrasante, que no son ideales para construir sobre ellos porque se expanden cuando se exponen al agua; además, el CBR indica que la subrasante es inadecuada, por lo que debería añadirse piedra triturada u otros agregados granulares.

Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en muestras de subrasante a las que se añadió piedra triturada de  $\frac{3}{4}$ », equivalente al 10% en peso: contenido de humedad natural:

**Tabla 12.**

*Resultados % de humedad.*

N°	Suelos de la Subrasante con 10% de agregado	Humedad Optima(%)	Contenido natural de humedad (w%)
1	Muestra 1	17.90	5.04
2	Muestra 2	17.90	5.04
3	Muestra 3	18.00	5.14
4	Muestra 4	17.9	5.36
<b>Promedio</b>		<b>17.93</b>	<b>5.15</b>

De acuerdo con la Norma MTC, cuando el contenido de humedad natural del suelo es óptimo, el ingeniero encargado recomendará añadir volumen de agua y compactar como de costumbre. Es necesario aumentar la energía de compactación, secar el suelo o reponer el material saturado si el nivel de humedad

natural es superior al nivel de humedad óptimo, lo que indica que el suelo está saturado.

Tras revisar los resultados del laboratorio, se ha sugerido realizar una sección de prueba para comprobar si el porcentaje medio de contenido de humedad natural cumple el nivel de compactación necesario para el proyecto, ya que el nivel actual está por debajo de la humedad óptima.

Interpretación del análisis granulométrico:

**Tabla 13.**

*Evaluación de Granulometría.*

N°	Suelos de la subrasante	Granulometria		
		grava (%)	arena (%)	fino (%)
1	Muestra 1	4.16	20.24	79.76
2	Muestra 2	4.16	20.24	79.76
3	Muestra 3	3.83	18.75	81.25
4	Muestra 4	4.14	19.56	80.44
<b>Promedio</b>		<b>4.07</b>	<b>19.70</b>	<b>80.30</b>

El estudio granulométrico de la subrasante se realizó utilizando el MTC E-107. La granulometría se midió en porcentajes de paso por un tamiz (n° 200). Los suelos se consideraron finos si el porcentaje de paso era superior al 35%.

Los suelos se clasifican como finos en base a los datos de laboratorio que muestran un porcentaje medio de paso por el tamiz (n° 200) del 80,30%.

**Tabla 14.***Resultados de los límites ATTERBERG.*

N°	Suelos de la subrasante con 10% de agregado	Limite de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	Muestra 1	38.13	28.24	9.89
2	Muestra 2	38.13	28.24	9.89
3	Muestra 3	39.53	30.41	9.12
4	Muestra 4	39.03	30.97	8.06
<b>Promedio</b>		<b>38.71</b>	<b>29.47</b>	<b>9.24</b>

Darle sentido a todo». Los subgrados con un  $IP > 7$  o  $IP > 20$  indican una plasticidad media según el Índice de Plasticidad. El índice de plasticidad (IP) medio hallado en el laboratorio fue del 9,24%, lo que indica un nivel medio de plasticidad, según los datos.

**Tabla 15.***Evaluación SUCS y AASHTO.*

N°	Suelos de la subrasante con 10 % de agregado	Clasificación		
		SUCS	AASHTO	INDICE GRUPO
1	Muestra 1	ML	A-4	8
2	Muestra 2	ML	A-4	8
3	Muestra 3	ML	A-4	8
4	Muestra 4	ML	A-4	8
<b>Promedio</b>		<b>ML</b>	<b>A-4</b>	<b>8</b>

De acuerdo con la interpretación, el suelo de la subrasante es adecuado porque el Índice de Grupo se encuentra dentro del rango de 4 a 9.

Subrasante ineficiente, según los resultados que muestran que el Índice de Grupo (IG) medio es de 8. Entra en la categoría de suelos limosos en la que la estimación de la subrasante es (regular a inadecuada), según la clasificación de

la AASHTO (A4), y la clasificación de la SUCS (ML) indica que se asocia con suelos limosos de baja plasticidad y arenosos.

Reducción del polvo con un Proctor modificado:

**Tabla 16.**

*Resultados Proctor Modificado.*

N°	Suelos de la subrasante con 10 % de agregados	COMPACTACION	
		Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
1	Muestra 1	1.700	17.90
2	Muestra 2	1.699	17.90
3	Muestra 3	1.703	18.00
4	Muestra 4	1.710	17.90
<b>Promedio</b>		<b>1.70</b>	<b>17.93</b>

Para el ensayo CBR, utilizaremos un COA del 17,93% y una concentración media máxima en seco de 1,70 g/cm<sup>3</sup>.

## CBR

**Tabla 17.**

*Efectos del ensayo CBR.*

N°	Suelos de la subrasante con 10 % de agregado	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Muestra 1	9.10	14.90
2	Muestra 2	10.30	15.20
3	Muestra 3	9.80	14.80
4	Muestra 4	10.40	15.10
<b>Promedio</b>		<b>9.10</b>	<b>14.80</b>

Según la prueba CBR, se indica una S2: Subrasante Regular si se encuentra entre el rango de CBR6% a CBR<10%.

La subrasante se clasifica como Subrasante Regular en base a los valores de (CBR) de 14,80% al 100% y 9,10 al 95%.

**Tabla 18.***Evaluación del ensayo de Humedad Natural.*

N°	Suelos de la Subrasante con 15% de agregado	Humedad Optima(%)	Contenido natural de humedad (w%)
1	Muestra 1	17.90	4.31
2	Muestra 2	17.90	4.38
3	Muestra 3	17.90	4.61
4	Muestra 4	17.90	4.43
<b>Promedio</b>		<b>17.90</b>	<b>4.43</b>

Si el nivel de humedad natural del suelo se aproxima al nivel ideal, el ingeniero debe recomendar una determinada cantidad de agua y energía de compactación; si es superior, el ingeniero debe recomendar secar el suelo, sustituir el material saturado o aumentar la energía de compactación. Dado que el % actual está por debajo del ideal, se recomienda realizar una sección de prueba después de examinar los datos de laboratorio para ver si el contenido medio de humedad natural puede alcanzar el nivel de compactación necesario para el proyecto.

**Tabla 19.***Evaluación de Granulometría.*

N°	Suelos de la subrasante	Granulometría		
		grava (%)	arena (%)	fino (%)
1	Muestra 1	3.1	25.02	74.98
2	Muestra 2	3.27	25.65	74.35
3	Muestra 3	3.07	25.81	74.19
4	Muestra 4	3.17	25.75	74.25
<b>Promedio</b>		<b>3.15</b>	<b>25.56</b>	<b>74.44</b>

Explicación. - El estudio granulométrico de la subrasante se realizó utilizando el MTC E-107. La granulometría se midió en porcentajes de paso por

un tamiz (nº 200). Los suelos se consideraron finos si el porcentaje de paso era superior al 35%.

Los suelos se clasifican como finos en base a los datos de laboratorio que muestran un porcentaje medio de paso por el tamiz (nº 200) del 74,44%.

**Tabla 20.**

*Evaluación de Límites Atterberg.*

Nº	Suelos de la subrasante con 15% de agregado	Limite de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	Muestra 1	38.34	30.02	8.32
2	Muestra 2	34.34	30.31	8.13
3	Muestra 3	38.21	29.50	8.71
4	Muestra 4	37.81	29.75	8.06
<b>Promedio</b>		<b>38.20</b>	<b>29.90</b>	<b>8.31</b>

Análisis. - El Índice de Plasticidad (IP) de la subrasante es superior a 7 o 20, lo que indica que tiene una plasticidad media.

Los suelos de la subrasante resultaron tener una plasticidad media según los resultados de laboratorio, que mostraron un índice de plasticidad (IP) medio de 8,31%.

**Tabla 21.**

*Clasificación de suelos SUCS y AASHTO*

Nº	Suelos de la subrasante con 15 % de agregado	Clasificación		
		SUCS	AASHTO	INDICE GRUPO
1	Muestra 1	ML	A-4	8
2	Muestra 2	ML	A-4	8
3	Muestra 3	ML	A-4	8
4	Muestra 4	ML	A-4	8
<b>Promedio</b>		<b>ML</b>	<b>A-4</b>	<b>8</b>

Un índice de grupo de 4 a 9 no siempre significa que el suelo de la subrasante sea inadecuado, según la categorización de los suelos de la subrasante.

La subrasante no es suficiente, que muestran que el Índice de Grupo (IG) medio es de 8. Entra en la categoría de suelos limosos en los que la estimación de la subrasante es (de regular a inadecuada), según la clasificación de la AASHTO (A4), y la clasificación de la SUCS (ML) indica que se asocia con suelos limosos de baja plasticidad y arenosos.

**Tabla 22.**

*Resultados Proctor Modificado.*

N°	Suelos de la subrasante con 15 % de agregados	COMPACTACIÓN	
		Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
1	Muestra 1	1.730	17.90
2	Muestra 2	1.729	17.90
3	Muestra 3	1.733	17.90
4	Muestra 4	1.740	17.90
<b>Promedio</b>		<b>1.733</b>	<b>17.90</b>

Análisis. -Los resultados del ensayo Proctor modificado mostraron una Ds media de 1,733 gr/cm<sup>3</sup> y un COA de 17,90%. Puedo utilizar este resultado para orientar el ensayo CBR.

**Tabla 23.**

*Evaluación de CBR.*

N°	Suelos de la subrasante con 15 % de agregado	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Muestra 1	11.30	17.20
2	Muestra 2	12.10	18.00
3	Muestra 3	11.40	16.70
4	Muestra 4	13.30	19.50
<b>Promedio</b>		<b>11.30</b>	<b>16.70</b>

Análisis. - Una subrasante se clasifica como S3: Buena si su valor CBR se encuentra dentro del rango de 10% a 20%.

La subrasante se clasifica como Subrasante Buena en base a los valores del Coeficiente de Soporte de California (CBR) de 16,70% al 100% y 11,30% al 95%.

**Tabla 24.**

*Evaluación de % de Humedad.*

N°	Suelos de la Subrasante con 20% de agregado	Humedad Optima(%)	Contenido natural de humedad (w%)
1	Muestra 1	17.80	4.09
2	Muestra 2	17.90	4.18
3	Muestra 3	17.90	4.15
4	Muestra 4	17.80	4.39
<b>Promedio</b>		<b>17.85</b>	<b>4.20</b>

La norma MTC obliga a los ingenieros a comprimir el suelo y aportar volumen de agua cuando los niveles de humedad natural del suelo son los ideales. Elevar el nivel más allá del óptimo requiere secar el suelo, sustituir el material saturado o aumentar la energía de compactación. Se recomienda realizar una sección de prueba para determinar si el contenido de humedad existente puede proporcionar la cantidad necesaria de compactación para el proyecto.

**Tabla 25.**

*Granulometría.*

N°	Suelos de la subrasante	Granulometría		
		grava (%)	arena (%)	fino (%)
1	Muestra 1	3.81	29.35	70.65
2	Muestra 2	3.67	29.65	70.35
3	Muestra 3	3.99	29.18	70.82
4	Muestra 4	3.67	30.51	69.49
<b>Promedio</b>		<b>3.79</b>	<b>29.67</b>	<b>70.33</b>

Explicación. - La granulometría de la subrasante se evaluó utilizando el MTC E-107. Para medir la granulometría se utilizó el porcentaje de partículas que pasaban por el tamiz de 0,075 mm (nº 200). Los suelos con un porcentaje superior al 35% se consideraron finos.

Los suelos se consideran de grano fino en base a los datos del ensayo que muestran un porcentaje medio que pasa a través del tamiz (nº 200) del 70,33%.

**Tabla 26.**

*Resultados de Límites de Atterberg.*

Nº	Suelos de la subrasante con 20% de agregado	Limite de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	Muestra 1	37.77	28.93	8.84
2	Muestra 2	38.54	30.09	8.45
3	Muestra 3	37.17	28.70	8.47
4	Muestra 4	36.39	28.50	7.89
<b>Promedio</b>		<b>37.47</b>	<b>29.06</b>	<b>8.41</b>

Los resultados del laboratorio muestran que los suelos de la subrasante son moderadamente plásticos, con un PI medio del 8,41%.

**Tabla 27.**

*Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO.*

Nº	Suelos de la subrasante con 20 % de agregado	Clasificacion		
		SUCS	AASHTO	INDICE GRUPO
1	M 1	ML	A-4	7
2	M 2	ML	A-4	7
3	M 3	ML	A-4	7
4	M 4	ML	A-4	7
<b>Promedio</b>		<b>ML</b>	<b>A-4</b>	<b>7</b>

Un índice de grupo de 4 a 9 no siempre significa que el suelo de la subrasante sea inadecuado, según la categorización de los suelos de la subrasante.

De acuerdo con los datos de la prueba, el suelo de la subrasante es inadecuado ya que el Índice de Grupo (IG) medio es 7. Entra en la categoría de suelos limosos donde la estimación de la subrasante es (regular a inadecuada), según la clasificación de la AASHTO (A4), y la clasificación de la SUCS (ML) indica que está asociado a suelos limosos de baja plasticidad y arenosos.

**Tabla 28.**

*Evaluación del ensayo de Próctor Modificado.*

N°	Suelos de la subrasante con 20 % de agregados	COMPACTACIÓN	
		Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
1	M 1	1.759	17.80
2	M 2	1.760	17.90
3	M 3	1.768	17.90
4	M 4	1.779	17.80
<b>Promedio</b>		<b>1.767</b>	<b>17.85</b>

Explicación. - Los resultados del ensayo Proctor modificado mostraron una Ds media de 1,767 gr/cm<sup>3</sup> y un COA de 17,85%. Puedo utilizar este resultado para guiar la prueba CBR.

**Tabla 29.***Evaluación del ensayo de CBR.*

N°	Suelos de la subrasante con 20 % de agregado	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	M 1	15.10	20.50
2	M 2	15.30	20.10
3	M 3	15.20	20.60
4	M 4	15.80	21.10
<b>Promedio</b>		<b>15.10</b>	<b>20.10</b>

La prueba CBR, como se M en la Figura N° 17 del Anexo 3, indica que una subrasante se clasifica como S3: «Buena» si su valor CBR se encuentra entre el rango de 10% a 20%.

Subrasante Buena es la clasificación que obtenemos al multiplicar el coeficiente portante de California (CBR) al 100% por 15,10 y al 95% por 20,10%.

**Tabla 30.***Evaluación del % de Humedad.*

N°	Suelos de la Subrasante con 25% de agregado	Humedad Optima(%)	Contenido natural de humedad (w%)
1	M 1	17.90	3.81
2	M 2	17.90	3.89
3	M 3	17.90	3.87
4	M 4	17.90	3.94
<b>Promedio</b>		<b>17.90</b>	<b>3.88</b>

Si los niveles de humedad natural del suelo son demasiado altos, la norma MTC obliga a los ingenieros a aumentar la energía de compactación, secar el suelo o sustituir el material saturado. Cuando estos niveles son demasiado bajos,

deben dar una compactación media del suelo y una aportación de volumen de agua.

Teniendo en cuenta que el porcentaje medio del contenido de humedad natural es inferior al % óptimo, según los resultados de laboratorio, se sugiere realizar una sección de prueba para ver si se puede aumentar este porcentaje para determinar si el contenido de agua natural puede proporcionar el nivel de compactación necesario para el proyecto.

**Tabla 31.**

*Evaluación de Granulometría.*

N°	Suelos de la subrasante	Granulometría		
		grava (%)	arena (%)	fino (%)
1	M 1	3.39	33.15	66.85
2	M 2	3.54	33.52	66.48
3	M 3	3.51	34.19	65.81
4	M 4	3.19	33.83	66.17
<b>Promedio</b>		<b>3.41</b>	<b>33.67</b>	<b>66.33</b>

Conclusiones. -Se utilizó el MTC E-107 para determinar el estudio granulométrico de la subrasante. Los suelos se consideran finos si su granulometría, medida en porcentajes de paso por un tamiz de 0,075 mm (N°200), es superior al 35%, tal y como se M en la Figura N°14 del Anexo 3.

Los suelos se consideran de grano fino si los datos de las pruebas muestran un porcentaje medio que pasa por el tamiz (N° 200) del 66,33%.

**Tabla 32.***Evaluación de Límites de Atterberg.*

N°	Suelos de la subrasante con 25% de agregado	Límite de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	M 1	37.25	28.77	8.48
2	M 2	37.95	30.60	7.35
3	M 3	37.10	28.26	8.84
4	M 4	37.08	28.68	8.40
<b>Promedio</b>		<b>37.35</b>	<b>29.08</b>	<b>8.27</b>

Análisis. - El (IP) de la subrasante es superior a 7 o 20, lo que indica que tiene una plasticidad media.

Los suelos de la subrasante resultaron tener una plasticidad media según los resultados del laboratorio, que mostraron un (IP) medio del 8,27%.

**Tabla 33.***Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO*

N°	Suelos de la subrasante con 25 % de agregado	Clasificación		
		SUCS	AASHTO	INDICE GRUPO
1	M 1	ML	A-4	6
2	M 2	ML	A-4	6
3	M 3	ML	A-4	6
4	M 4	ML	A-4	6
<b>Promedio</b>		<b>ML</b>	<b>A-4</b>	<b>6</b>

Según la categorización del suelo de subrasante, el índice de grupo oscila entre 4 y 9, lo que no significa que el suelo de subrasante sea inadecuado.

Este suelo de subrasante no es suficiente, ya que los resultados de las pruebas mostraron que el Índice de Grupo (IG) medio es de 6. Entra en la

categoría de suelos limosos en la que la estimación de la subrasante es (de regular a inadecuada), según la clasificación de la AASHTO (A4), y la clasificación de la SUCS (ML) indica que está asociado a suelos limosos de baja plasticidad y arenosos.

**Tabla 34.**

*Evaluación del ensayo de Proctor modificado.*

N°	Suelos de la subrasante con 25 % de agregados	COMPACTACIÓN	
		Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	COA (%)
1	M 1	1.791	17.80
2	M 2	1.791	17.90
3	M 3	1.800	17.80
4	M 4	1.803	17.80
<b>Promedio</b>		<b>1.796</b>	<b>17.83</b>

Dándole sentido a todo». Los resultados mostraron una Ds media de 1,796 gr/cm<sup>3</sup> y un COA de 17,83% tras ajustar el ensayo Proctor. Con la ayuda de este resultado podré realizar la prueba CBR.

**Tabla 35.**

*Productos del ensayo de CBR.*

N°	Suelos de la subrasante con 25 % de agregado	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	M 1	19.40	24.30
2	M 2	19.80	25.00
3	M 3	19.80	24.90
4	M 4	21.80	25.20
<b>Promedio</b>		<b>20.20</b>	<b>24.85</b>

Los resultados de la prueba CBR indican que una subrasante se clasifica como S4: «Muy buena» si se encuentra entre el rango de CBR20% a CBR<30%, como se M en la Figura N° 17 del Anexo 3.



La subrasante se clasifica como muy buena en función de los valores del coeficiente portante de California (CBR) de 24,85% al 100% y 20,20 al 95%.

**Tabla 36.**

*Resumen del ensayo de abrasión.*

TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL	MASA FINAL	MASA PERDIDA DESPUES DE 1000 REVOLUCIONES	% DE DESGASTE POR ABRASION	GRADACION
PASA	RETIENE	(GRAMOS)	(GRAMOS)			
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2498				
1/2"	3/8"	2503				A
3/8"	1/4"					
1/4"	N°4					
N°4	N°8					
TOTAL		5001	3984	1017	20.34	

El porcentaje de desgaste abrasivo de la máquina Angels es del 20,34%, inferior al límite del 50% establecido por la norma MTC para la resistencia a los áridos gruesos de pequeño tamaño.



## CONCLUSIONES

Primero: Los suelos de la subrasante, son el primer indicador de su durabilidad y sus propiedades físicas y mecánicas demuestran su calidad, en este aspecto la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca, la calidad de los suelos es deficientes y requiere de un mejoramiento o estabilización

Los suelos situados por debajo de la rasante necesitan mejoras debido a su alto contenido de humedad (9,96%), bajo índice plástico (8,41%), grado AASHTO (A-4), densidad máxima en seco (1,67 gr/cm<sup>3</sup>) y California Bearing Ratio (4,56% al 95%).

El segundo punto es que se propusieron adiciones de piedra triturada del 10%, 15%, 20% y 25% en peso a los suelos para mejorar las cualidades mecánicas y físicas de los suelos de la subrasante; el 25% es suficiente para estabilizar el suelo. Cuando se compara con la norma MTC, este resultado queda claro.

El tercer punto, el enfoque AASHTO - 93 se utiliza en el diseño de pavimento rígido sugerido, que tiene un período de diseño de 20 años, un espesor de la losa de hormigón de 20 cm, una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y un valor ESAL de  $0,27 \times 10^6$ .



## RECOMENDACIONES

La subrasante de un pavimento se compone de suelos de calidad compatible según lo especificado por la Norma MTC. Si el suelo existente no cumple esta recomendación, es necesario mejorarlo o sustituirlo por otro mejor. Del mismo modo, si la subrasante corre el riesgo de ser atacada por la humedad causada por el ascenso capilar del agua subterránea, sus características pueden ser controladas mediante la construcción de una capa de pedraplén.

Como subrasante para un futuro pavimento, hay varias formas de mejorar las cualidades físico-mecánicas de los suelos. Entre ellas se encuentran los aditivos, los áridos naturales de origen local, los áridos reciclados, etc. Dado que las carreteras de Juliaca se componen principalmente de suelos finos, los materiales granulares son la mejor opción en este caso.

Tercero: Al no ser necesario retirar y reconstruir la subrasante, se reduce considerablemente el efecto medioambiental y se obtiene una ventaja económica del 52% en comparación con un proyecto de construcción equivalente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASMT D-422. (2007). DETERMINACION DEL ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS (METODO MECANICO). ESTADOS UNIDOS.
- Atiquipa Nieto, O. (2018). PROPUESTA DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AFIRMADO PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DEL PERÚ A FIN DE MEJORAR SU SERVICIABILIDAD. Lima, Perú.
- Estuardo De León Monroy, E. J. (2019). VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE LA ARENA Y EL DENSÍMETRO NUCLEAR EN LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO. Guatemala.
- Guerrón Avecillas, S. A. (2013). COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DENSIDAD DE CAMPO POR LOS MÉTODOS CONO Y ARENA, VOLUMÉTRICO Y DENSÍMETRO NUCLEAR . Quito, Ecuador.
- Henriquez Ulloa, P. (2016). ESTUDIO DE CANTERA DE AGREGADOS .
- Menendez Acurio, J. R. (2016). INGENIERÍA DE PAVIMENTOS - MATERIALES. Lima.
- Montejo Fonseca, A. (2022). Ingenieria de pavimentos para Carreteras Tomo I. Bogotá, Colombia.
- MTC . (2016). MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. LIMA.
- MTC. (2014). MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS. Perú.
- MTC. (2016). MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL. Perú.



- Nina Vilca, J. H. (2019). INFLUENCIA DE LA DENSIDAD RELATIVA (Dr) EN LA CORRELACIÓN CBR-PDC DE ARENAS DE LA CANTERA "CUTIMBO" DE LA CIUDAD DE PUNO. Puno, Perú.
- Rico Rodriguez, J. B. (2005). MECÁNICA DE SUELOS - FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS . México.
- Romero Figueroa, C. D. (2018). Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018. Nuevo Chimbote, Perú.
- Rondon Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). PAVIMENTOS MATERIALES, CONSTRUCCION Y DISEÑO. Bogotá, Colombia.
- Rondon Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). Pavimentos, Materiales, Construcción Y diseño. Lima: MACRO E.I.R.L.
- UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO. (2016). COMPACTACIÓN DE SUELOS. CHILE.
- UNIVERSIDAD JUAN MISAEL SARACHO. (2016). LABORATORIO DE SUELOS. TARIJA, BOLIVIA.
- Zeta Eche, D. G. (2019). Análisis comparativo de la utilización del método de cono de arena y densímetro nuclear para determinar densidades de campo en suelos cohesivos para terraplenes procedente de la cantera Ramírez ubicada en el km 7+000 de la carretera Piura-Paita. Perú. Piura, Perú.



# ANEXOS



### ANEXO 01

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES			UNIDADES
			VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De que forma la adición de la limadura de hierro reciclada mejora las características de la base granular para pavimentos en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Analizar la resistencia de la base granular con adición de limadura de hierro reciclado para mejoramiento de pavimentos en la ciudad de Juliaca</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL</p> <p>La adición de limadura de hierro mejora las características de una base granular para pavimentos en la ciudad de Juliaca</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>LIMADURA DE HIERRO, RESISTENCIA DE MATERIAL GRANULAR MODIFICADA</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>RESISTENCIA</p>	<p>INDICADORES</p> <p>NUEVAS PROPIEDADES</p>	<p>UNIDADES</p> <p>PORCENTAJE (%)</p>
<p>PROBLEMA ESPECIFICO</p> <p>¿CUALES SERÁN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES PARA BASE GRANULAR EN PAVIMENTO URBANO DE LA CIUDAD DE JULIACA?</p> <p>¿ DE QUE FORMA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LIMADURA DE HIERRO RECICLADO Y PROPORCIÓN DEL MATERIAL PARA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO PARA BASE GRANULAR</p> <p>¿CUALES SERÁN LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO CON DIFERENTES PROPORCIONES PARA PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE JULIACA?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES PARA BASE GRANULAR EN PAVIMENTOS URBANOS DE LA CIUDAD DE JULIACA</p> <p>ANALIZAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LIMADURA DE HIERRO RECICLADO Y PROPORCIÓN DE MATERIAL PARA SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO PARA BASE GRANULAR.</p> <p>DETERMINAR LA RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO CON DIFERENTES PROPORCIONES PARA PAVIMENTOS ENE LA CIUDAD DE JULIACA</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES NOS DARÁN RESULTADOS EFECTIVOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS MATERIALES EMPLEADOS PARA UNA BASE GRANULAR</p> <p>LA ADICIÓN DE LA LIMADURA DE HIERRO PERMITIRÁ EL CONOCIMIENTO DE LAS PROPORCIONES ESTIMADAS PARA LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN BASE GRANULAR</p> <p>LA RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO NOS PERMITIRÁ MEJORAR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO URBANO PARA LA CIUDAD DE JULIACA</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>PAVIMENTOS URBANOS, CAPA BASE GRANULAR</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS</p>	<p>INDICADORES</p> <p>GRANULOMETRÍA HUMEDAD LIMITE DE CONSISTENCIA CBR</p>	<p>UNIDADES</p> <p>%</p>



## ANEXO 02

### ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-2

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	244.70
SUELO SECO + TARRO	gr	230.00
PESO DEL TARRO	gr	48.50
PESO DEL AGUA	gr	14.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	181.50
HUMEDAD %	%	8.10

### LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.60	27.85
SUELO SECO + TARRO	gr	25.44	24.78
PESO DEL TARRO	gr	15.62	15.66
PESO DEL AGUA	gr	3.16	3.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.83	9.12
HUMEDAD %	%	32.16	33.66
N° DE GOLPES		30	30

#### LÍMITE PLASTICO

3	4
21.10	20.15
18.45	17.66
6.27	6.22
2.65	2.49
12.18	11.44
21.76	21.77

**LÍMITE LIQUIDO %** : **33.65**      **LÍMITE PLASTICO %** : **21.76**

**INDICE PLASTICO %** : **11.89**

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO REICLADO  
EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

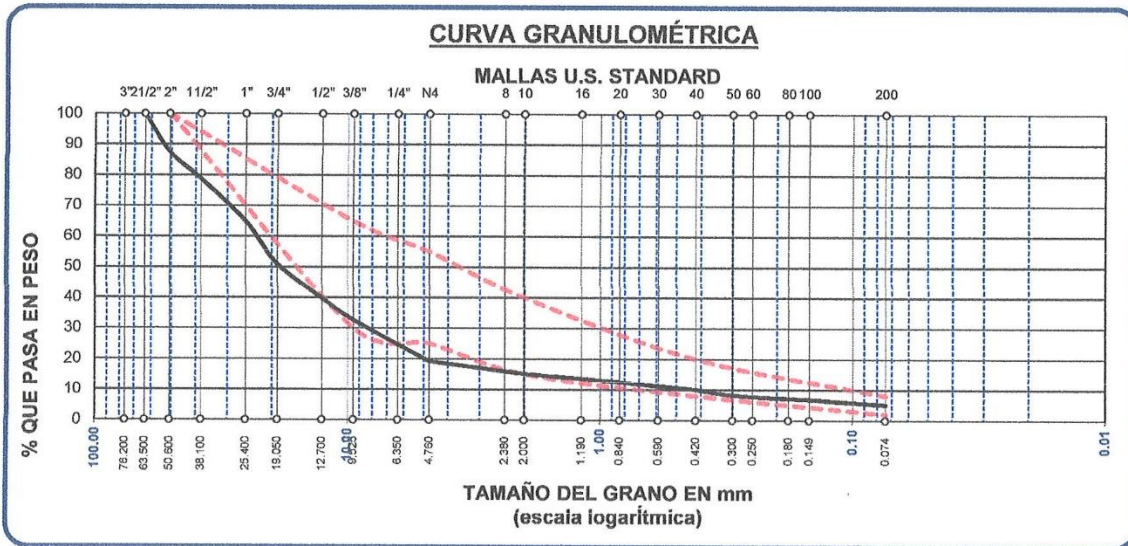
**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-2

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 6800.00
2 1/2"	63.500	450.16	6.62	6.62	93.38	100%	P.L.= 6450.00
2"	50.600	400.15	5.88	12.50	87.50		P.P.= 350.00
1 1/2"	38.100	601.25	8.84	21.35	78.65		% W = 8.10
1"	25.400	941.10	13.84	35.19	64.81		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	949.35	13.96	49.15	50.85		L.L.= 33.65
1/2"	12.700	752.30	11.06	60.21	39.79	30 - 65%	L.P.= 21.76
3/8"	9.525	485.26	7.14	67.35	32.65		I.P.= 11.89
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	914.20	13.44	80.79	19.21	25 - 55%	D10= 0.414 Cu= 56.1
No8	2.380						D30= 8.585 Cc= 7.67
No10	2.000	278.60	4.10	84.89	15.11	15 - 40%	D60= 23.21
No16	1.190						CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	180.33	2.65	87.54	12.46		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : GP
No40	0.420	161.20	2.37	89.91	10.09	8 - 20%	ASSTHO : A-2-6 (0)
No 50	0.300	122.33	1.80	91.71	8.29		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	98.30	1.45	93.15	6.85		
No200	0.074	115.47	1.70	94.85	5.15	2 - 8%	
<b>BASE</b>		350.00	5.15	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		6800.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		5.15					



UANCV FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mtro. ARNALDO YANATORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO  
 EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA  
**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA  
**MUESTRA** : M-1  
**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	468.10
SUELO SECO + TARRO	gr	435.26
PESO DEL TARRO	gr	49.25
PESO DEL AGUA	gr	32.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	386.01
HUMEDAD %	%	8.51

### LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.77	46.53
SUELO SECO + TARRO	gr	40.45	42.71
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.12
PESO DEL AGUA	gr	3.32	3.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.12	12.59
HUMEDAD %	%	32.81	30.34
N° DE GOLPES		15	15

#### LÍMITE PLASTICO

11	9
20.60	19.89
18.46	17.77
6.29	6.22
2.14	2.12
12.17	11.55
17.58	18.35

**LÍMITE LIQUIDO %** : 29.68      **LÍMITE PLASTICO %** : 17.97

**INDICE PLASTICO %** : 11.71

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

B. N° 006-00297437

  
 UANCV - EICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A.  
 JEFATURA  
 Mgtr. ARIVALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO  
 EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

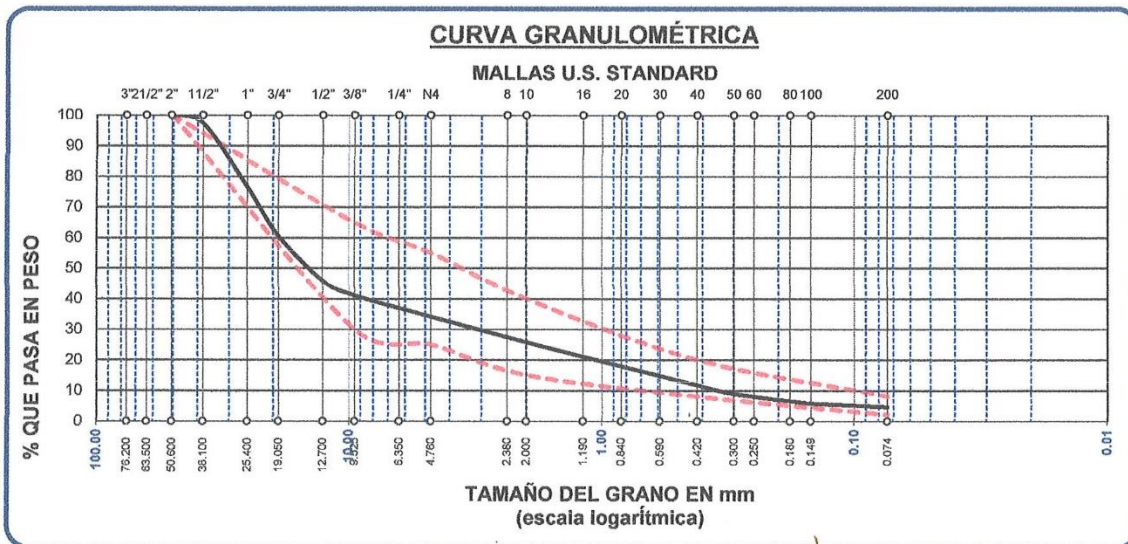
**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**DESCRIPCIÓN** : M-1

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.I.= 5000.00 P.L.= 4932.89 P.P.= 67.11 %W= 8.51
2 1/2"	63.500						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 29.68 L.P.= 17.97 I.P.= 11.71
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	136.00	2.72	2.72	97.28	30 - 65%	CLASIFICACIÓN: I.G. =
1"	25.400	1037.00	20.74	23.46	76.54		
3/4"	19.050	803.00	16.06	39.52	60.48	8 - 20%	OBSERVACIONES:
1/2"	12.700	731.00	14.62	54.14	45.86		
3/8"	9.525	235.00	4.70	58.84	41.16		
1/4"	6.350						
No4	4.760	351.00	7.02	65.86	34.14		
No8	2.380						
No10	2.000	122.46	24.49	74.22	25.78		
No16	1.190						
No20	0.840	115.01	23.00	82.07	17.93		
No30	0.590						
No40	0.420	90.72	18.14	88.27	11.73		
No 50	0.300	42.10	8.42	91.14	8.86		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	45.33	9.07	94.24	5.76		
No200	0.074	17.27	3.45	95.42	4.58		
BASE		67.11	13.42	100.00	0.00		
TOTAL		5000.00	100.00				
% PERDIDA		1.34					



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-3

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	281.30
SUELO SECO + TARRO	gr	253.60
PESO DEL TARRO	gr	51.00
PESO DEL AGUA	gr	27.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	202.60
HUMEDAD %	%	13.67

### LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.14	29.15
SUELO SECO + TARRO	gr	25.23	25.75
PESO DEL TARRO	gr	15.71	15.91
PESO DEL AGUA	gr	2.91	3.40
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.52	9.85
HUMEDAD %	%	30.57	34.54
N° DE GOLPES		31	31

#### LÍMITE PLASTICO

5	6
21.30	21.80
18.65	19.15
6.18	6.71
2.65	2.65
12.47	12.44
21.25	21.30

**LÍMITE LIQUIDO %** : 33.41      **LÍMITE PLASTICO %** : 21.28

**INDICE PLASTICO %** : 12.13

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO  
 EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

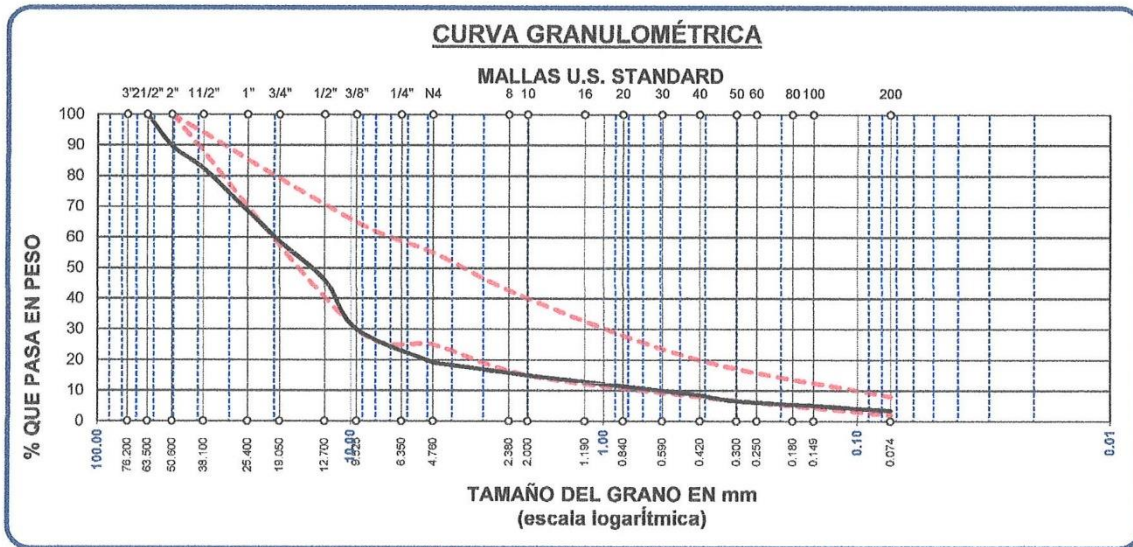
**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-3

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200					100%	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA P.I.= 6800.00 P.L.= 6563.42 P.P.= 236.58 % W = 13.67
2 1/2"	63.500	279.46	4.11	4.11	95.89		
2"	50.800	419.23	6.17	10.27	89.73		
1 1/2"	38.100	499.26	7.34	17.62	82.38	30 - 65%	LÍMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 33.41 L.P.= 21.28 I.P.= 12.13
1"	25.400	937.11	13.78	31.40	68.60		
3/4"	19.050	678.99	9.99	41.38	58.62		
1/2"	12.700	855.66	12.58	53.97	46.03	25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 0.629 Cu= 31.7 D30= 9.520 Cc= 7.23 D60= 19.93
3/8"	9.525	1089.55	16.02	69.99	30.01		
1/4"	6.350						
No4	4.760	739.56	10.88	80.87	19.14	15 - 40%	CLASIFICACIÓN: I.G. =
No8	2.380						
No10	2.000	283.60	4.17	85.04	14.96		
No16	1.190					8 - 20%	SUSCS : GP ASSTHO : A-2-6 (0)
No20	0.840	238.10	3.50	88.54	11.46		
No30	0.590						
No40	0.420	198.06	2.91	91.45	8.55	2 - 8%	OBSERVACIONES:
No 50	0.300	135.44	1.99	93.44	6.56		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	97.30	1.43	94.87	5.13		
No200	0.074	112.10	1.65	96.52	3.48		
BASE		236.58	3.48	100.00	0.00		
TOTAL		6800.00	100.00				
% PÉRDIDA		3.48					



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA

Ing. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-4

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	271.60
SUELO SECO + TARRO	gr	253.10
PESO DEL TARRO	gr	55.00
PESO DEL AGUA	gr	18.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	198.10
HUMEDAD %	%	9.34

### LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.40	29.20
SUELO SECO + TARRO	gr	25.20	25.73
PESO DEL TARRO	gr	14.78	15.03
PESO DEL AGUA	gr	3.20	3.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.42	10.70
HUMEDAD %	%	30.71	32.43
N° DE GOLPES		31	31

#### LÍMITE PLASTICO

7	8
21.77	21.45
19.11	18.88
6.12	6.22
2.66	2.57
12.99	12.66
20.48	20.30

**LÍMITE LIQUIDO %** : 32.40      **LÍMITE PLASTICO %** : 20.39

**INDICE PLASTICO %** : 12.01

LL =  $W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Limite Liquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Numero de Golpes

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS** : MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO  
EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA

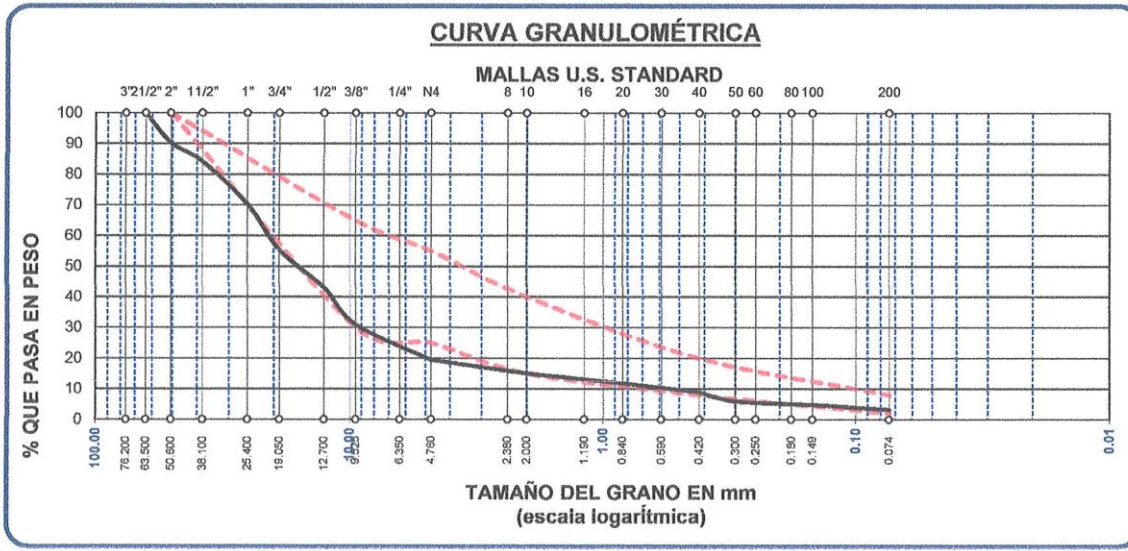
**SOLICITANTE** : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA

**UBICACIÓN** : CIUDAD DE JULIACA

**MUESTRA** : M-4

**FECHA** : 08 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.I.= 6800.00
2 1/2"	63.500	245.18	3.61	3.61	96.39		P.L.= 6582.97
2"	50.600	415.71	6.11	9.72	90.28		P.P.= 217.03
1 1/2"	38.100	418.96	6.16	15.88	84.12	30 - 65%	%w= 9.34
1"	25.400	945.26	13.90	29.78	70.22		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	1005.56	14.79	44.57	55.43		L.L.= 32.40
1/2"	12.700	845.26	12.43	57.00	43.00	25 - 55%	L.P.= 20.39
3/8"	9.525	816.15	12.00	69.00	31.00		I.P.= 12.01
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	784.50	11.54	80.54	19.46	15 - 40%	D10= 0.575 Cu= 36.5
No8	2.380						D30= 9.112 Cc= 6.87
No10	2.000	302.55	4.45	84.99	15.01		D60= 21.01
No16	1.190					8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	217.84	3.20	88.19	11.81		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : GP
No40	0.420	195.20	2.87	91.06	8.94	2 - 8%	ASSTHO : A-2-6 (0)
No50	0.300	201.30	2.96	94.02	5.98		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	77.14	1.13	95.16	4.84		
No200	0.074	112.36	1.65	96.81	3.19		
BASE		217.03	3.09	99.90	0.10		
TOTAL		6800.00	100.00				
% PERDIDA		3.19					



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
Mtro. ARNALDO YANA TORRES  
CIF 103257

B. N° 006-00297437



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

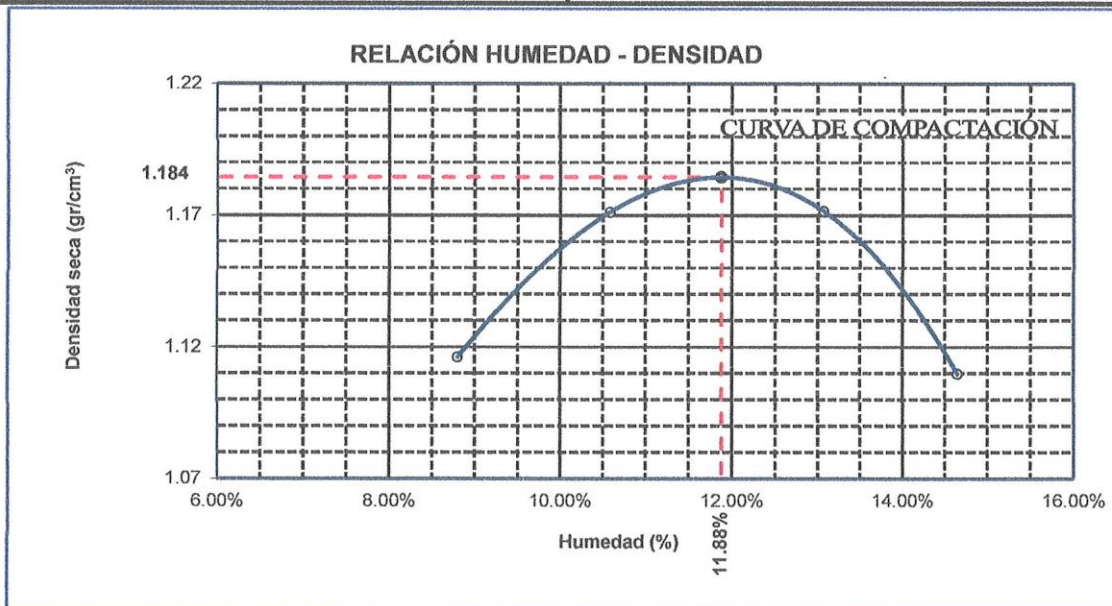
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-1
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2067 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8510	8677	8738	8630
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2510	2677	2738	2630
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.214	1.295	1.325	1.272

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	350.16	370.01	450.23	438.46	490.56	500.05	500.04	480.56
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	325.16	343.15	410.15	401.02	440.12	445.12	440.23	425.13
Peso del Agua	gr.	25.00	26.86	40.08	37.44	50.44	54.93	59.81	55.43
Peso de la Capsula	gr.	39.60	39.65	39.60	39.55	39.54	39.60	39.54	39.61
Peso del Suelo Seco	gr.	285.56	303.50	370.55	361.47	400.58	405.52	400.69	385.52
% de Humedad	%	8.75%	8.85%	10.82%	10.36%	12.59%	13.55%	14.93%	14.38%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	8.80%		10.59%		13.07%		14.65%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.116		1.171		1.172		1.110	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.184 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 11.88%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO

UANCV FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA  
 JULIACA - PUNO

Mtro. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-1
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III	II	I
<b>No DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12	25	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

<b>Capsula No</b>	No	4											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11			
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22			
<b>Peso del Agua</b>	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89			
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02			
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20			
<b>% de Humedad</b>	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.64%			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	9.88%			4.81%			7.52%			4.90%		
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.801			1.680			1.847			1.773		

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/05/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
7/05/2024	10_00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
8/05/2024	10_00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
9/05/2024	10_00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
10/05/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		65.00	301	15.2	
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7	
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		183.40	804	40.6	
2.54	02:00	70.31	56.30	264.1	13.3		149.00	658	33.2		224.20	977	49.4	
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4		263.20	1142	57.7	
5.09	04:00	105.00	85.30	387.2	19.6		189.00	827	41.8		302.30	1308	66.1	
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5	
7.62	06:00		102.60	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													


**UANCV - FICP**  
**CAP INGENIERIA CIVIL**  
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

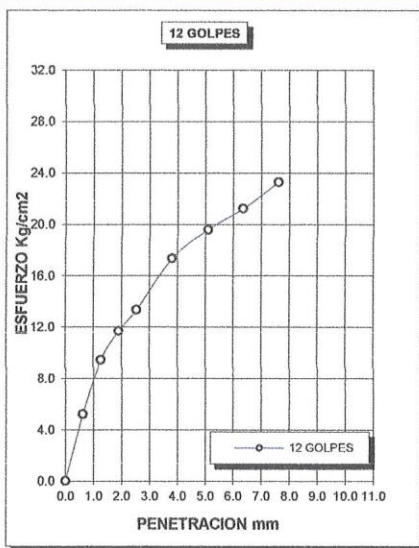
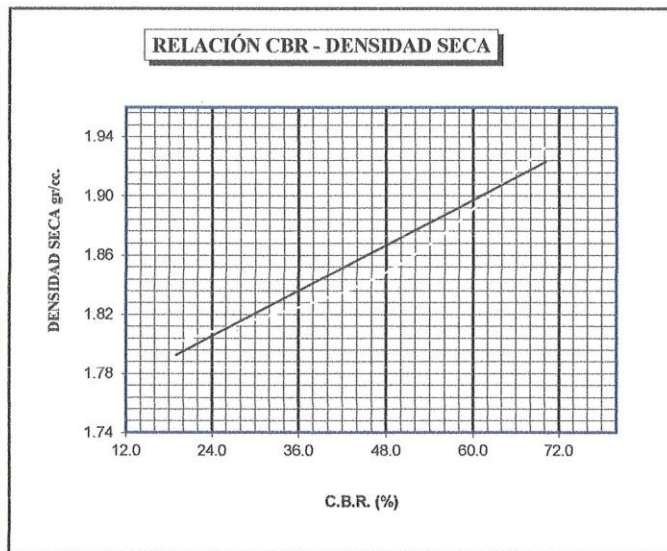
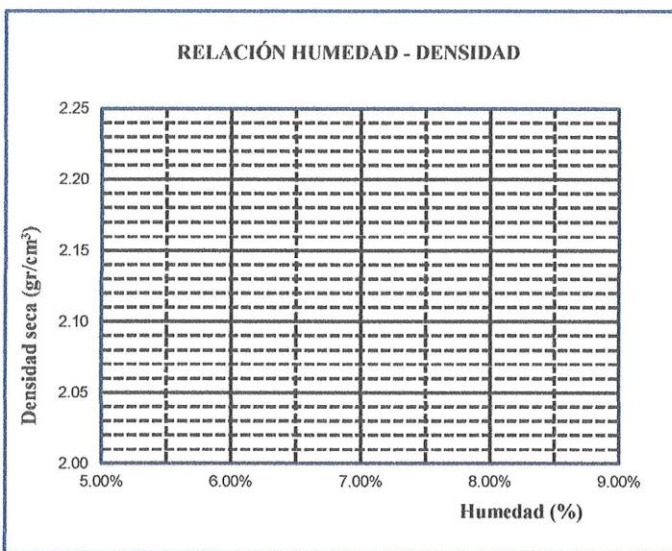
B. N° 006-00297437



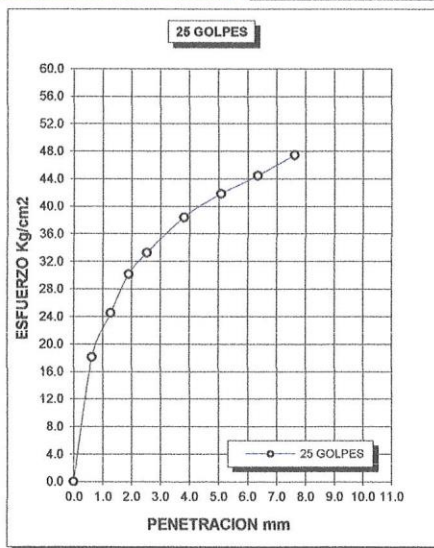
**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



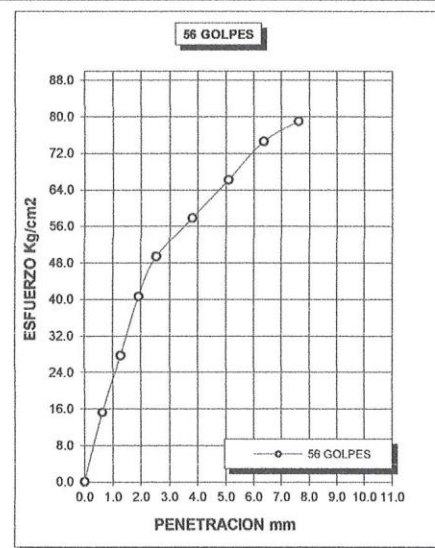
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)</b> 1.184
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 11.88%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 70.22
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 47.27
<b>FECHA</b>	: : 10 DE MAYO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



**CBR 19**



**CBR 47**



**CBR 70**



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00297437



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

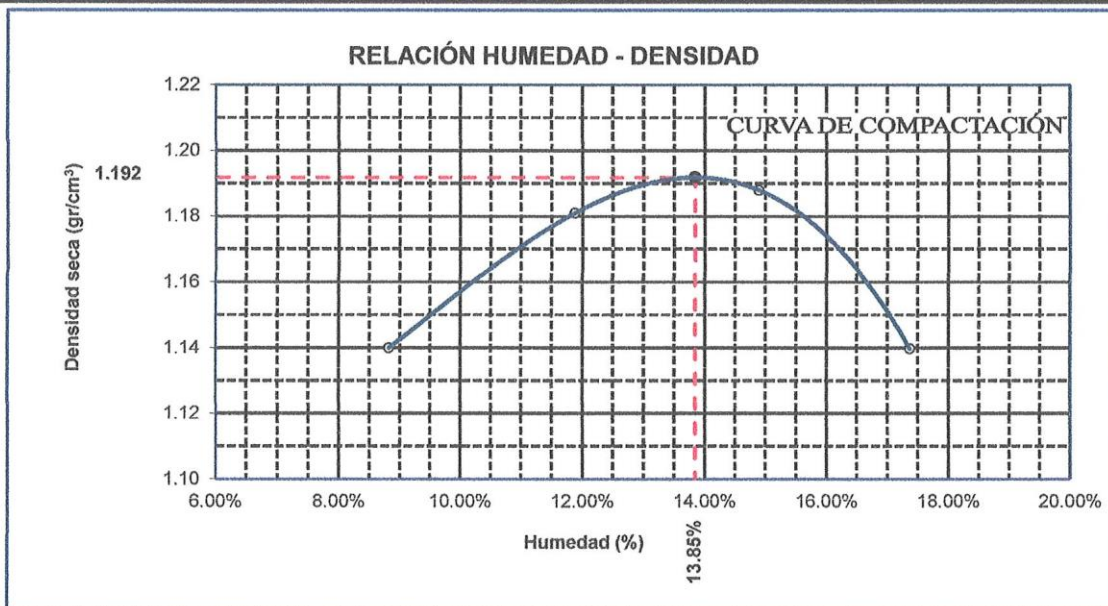
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-2
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2067 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8564	8731	8821	8765
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2564	2731	2821	2765
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.240	1.321	1.365	1.338

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	352.17	359.10	430.16	420.13	470.56	485.16	498.56	475.23
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	327.02	333.02	389.45	378.96	416.89	425.16	430.12	411.23
Peso del Agua	gr.	25.15	26.08	40.71	41.17	53.67	60.00	68.44	64.00
Peso de la Capsula	gr.	39.70	39.72	39.60	39.55	39.54	39.60	39.54	39.61
Peso del Suelo Seco	gr.	287.32	293.30	349.85	339.41	377.35	385.56	390.58	371.62
% de Humedad	%	8.75%	8.89%	11.64%	12.13%	14.22%	15.56%	17.52%	17.22%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	8.82%		11.88%		14.89%		17.37%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.140		1.181		1.188		1.140	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.192 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 13.85%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 M<sup>g</sup>. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-2
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>	5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

<b>Capsula No</b>	No	4										
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	290.33	261.17	324.01		282.29	268.33	276.03		266.39	280.49	306.11
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	265.87	242.86	310.93		264.03	253.58	264.92		251.45	265.65	294.22
<b>Peso del Agua</b>	gr.	24.46	18.31	13.08		18.26	14.75	11.11		14.94	14.84	11.89
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.75	39.17	39.02		39.96	39.40	38.01		38.50	38.69	38.02
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	227.12	203.69	271.91		224.07	214.18	226.91		212.95	226.96	256.20
<b>% de Humedad</b>	%	10.77%	8.99%	4.81%		8.15%	6.89%	4.90%		7.02%	6.54%	4.64%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	9.88%		4.81%		7.52%		4.90%		6.78%		4.64%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.801		1.680		1.847		1.773		1.933		1.906

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/05/2024	11:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
7/05/2024	11:00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
8/05/2024	11:00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
9/05/2024	11:00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
10/05/2024	11:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		65.00	301	15.2		
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7		
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		183.40	804	40.6		
2.54	02:00	70.31	56.30	264.1	13.3		149.00	658	33.2		224.20	977	49.4		
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	36.4		263.20	1142	57.7		
5.09	04:00	105.00	85.30	387.2	19.6		189.00	827	41.8		302.30	1308	66.1		
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5		
7.62	06:00		102.60	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0		
8.84	07:00														
10.16	08:00														



UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIF 103257

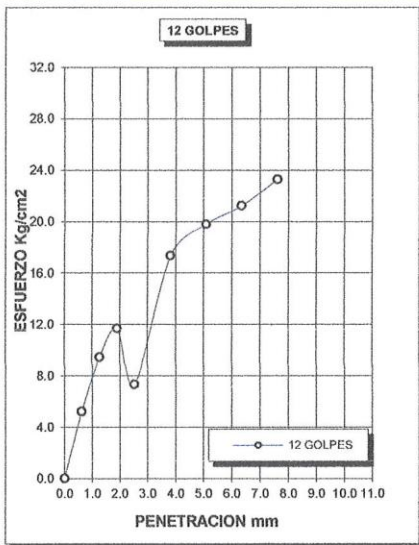
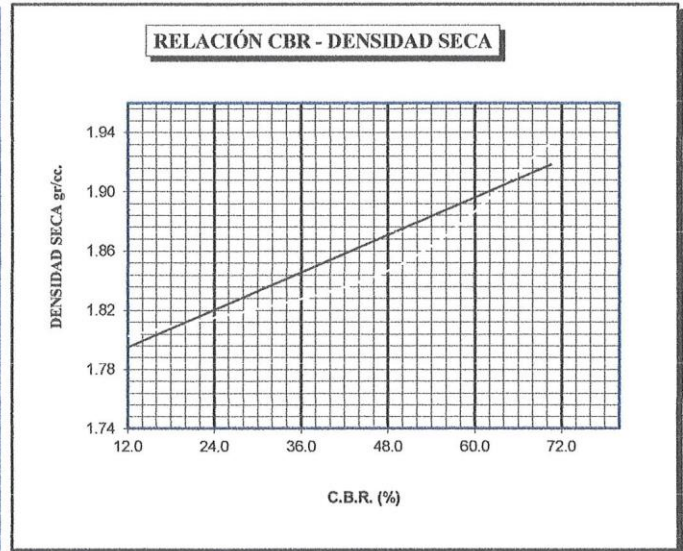
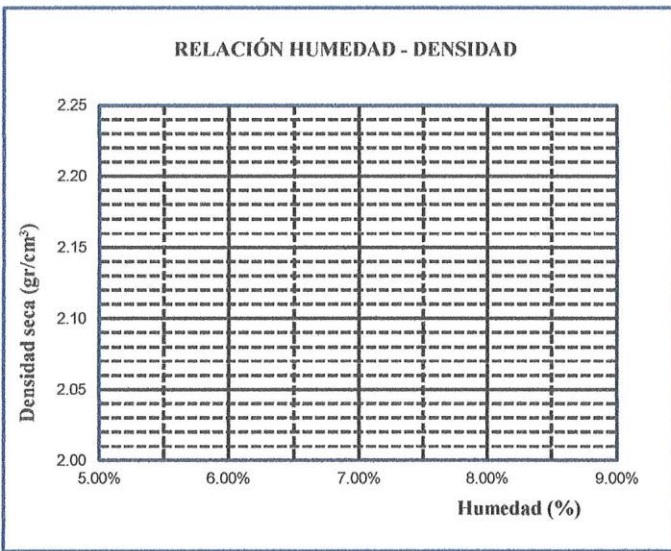
B. N° 006-00297437



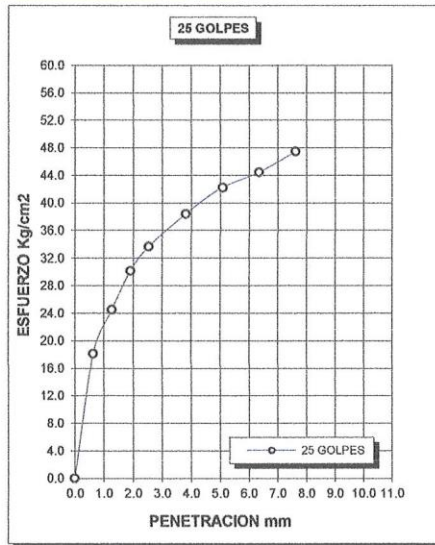
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



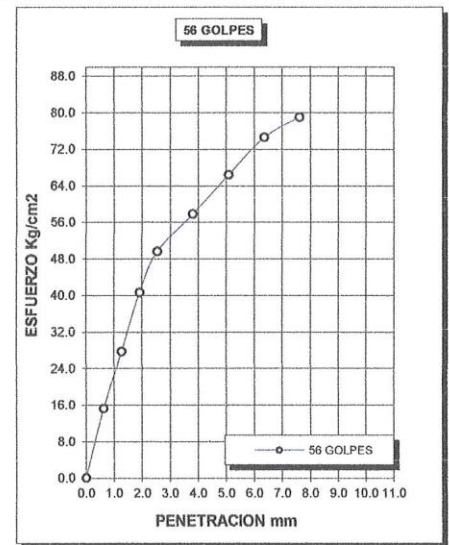
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.192
<b>MUESTRA</b>	: M-2	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 13.85%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 68.95
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 45.76
<b>FECHA</b>	: : 10 DE MAYO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



CBR 10



CBR 48



CBR 71



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mg. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

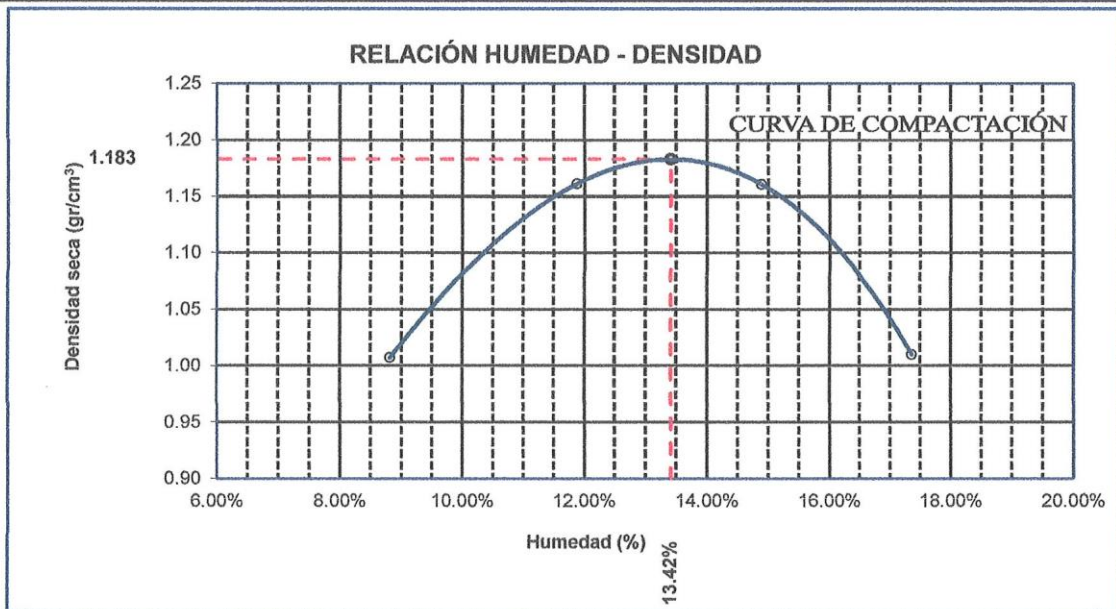
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO REICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-3
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2067 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8265	8685	8756	8450
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	2265	2685	2756	2450
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.096	1.299	1.333	1.185

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	348.15	355.17	424.21	416.17	466.22	481.50	494.32	471.06
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	323.26	329.50	384.75	374.81	412.81	422.31	426.30	407.92
Peso del Agua	gr.	24.89	25.67	39.46	41.36	53.41	59.19	68.02	63.14
Peso de la Capsula	gr.	39.70	39.72	39.60	39.55	39.54	39.60	39.54	39.61
Peso del Suelo Seco	gr.	283.56	289.78	345.15	335.26	373.27	382.71	386.76	368.31
% de Humedad	%	8.78%	8.86%	11.43%	12.34%	14.31%	15.47%	17.59%	17.14%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	<b>8.82%</b>		<b>11.88%</b>		<b>14.89%</b>		<b>17.37%</b>	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	<b>1.007</b>		<b>1.161</b>		<b>1.161</b>		<b>1.010</b>	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.183 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 13.42%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00297437



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-3
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>		III	II	I			
<b>No DE CAPAS</b>		5	5	5			
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>		12	25	56			
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

<b>Capsula No</b>	No	4								
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22
<b>Peso del Agua</b>	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20
<b>% de Humedad</b>	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.84%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	9.88%		4.81%	7.52%		4.90%	6.78%		4.64%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.801		1.680	1.847		1.773	1.933		1.906

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/05/2024	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
7/05/2024	09:00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
8/05/2024	09:00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
9/05/2024	09:00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
10/05/2024	09:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		65.00	301	15.2	
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7	
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		183.40	804	40.6	
2.54	02:00	70.31	59.10	276.0	14.0		153.00	675	34.1		231.20	1006	50.9	
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4		263.20	1142	57.7	
5.09	04:00	105.00	81.10	369.4	18.7		195.00	853	43.1		311.20	1346	68.0	
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5	
7.62	06:00		102.60	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

  
**UANCV - FICP**  
**CAP INGENIERÍA CIVIL**  
**Mg. ARNALDO YANA TORRES**  
**CIP 103257**

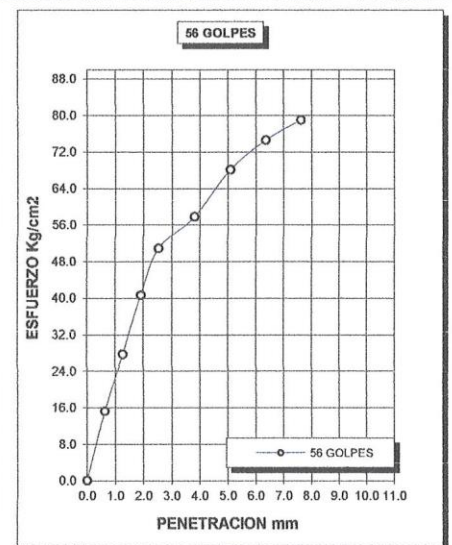
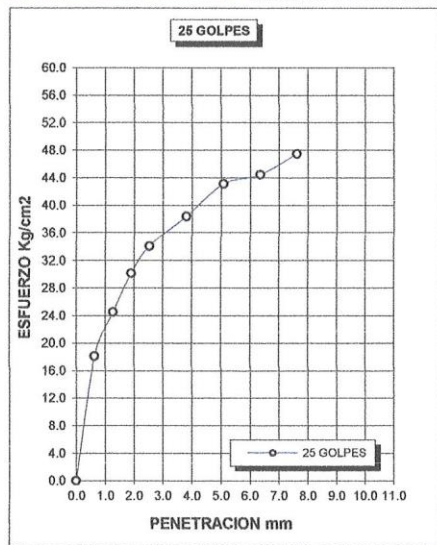
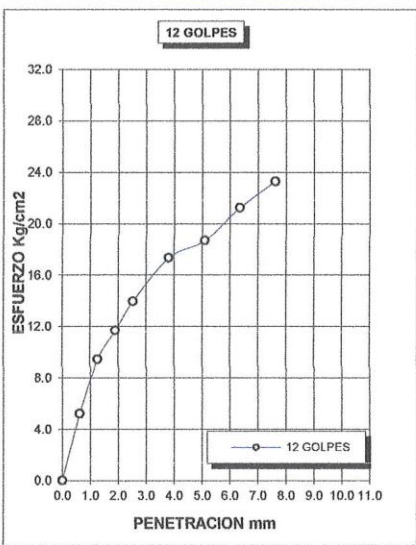
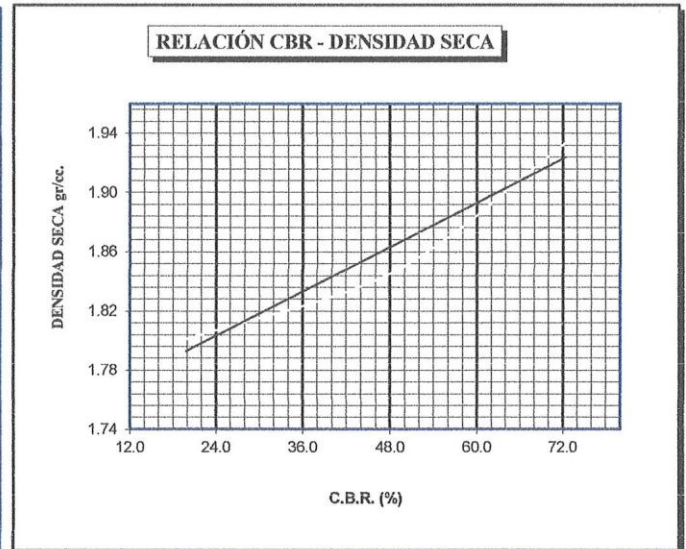
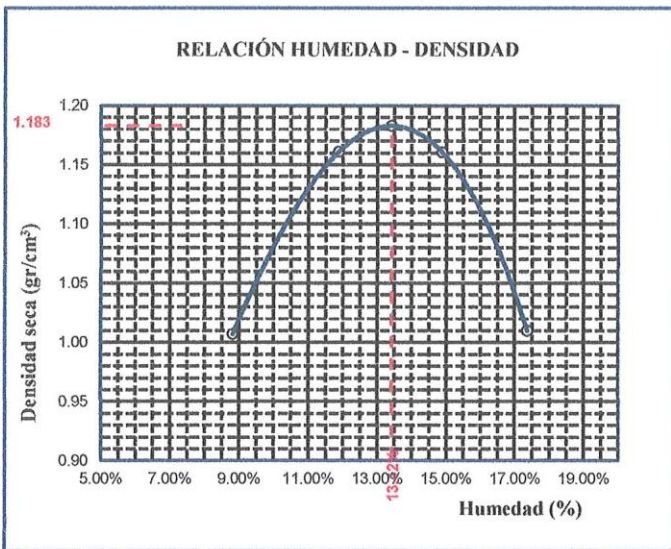
B. N° 006-00297437



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.183
<b>MUESTRA</b>	: M-3	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 13.42%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 72.36
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 48.49
<b>FECHA</b>	: : 10 DE MAYO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS

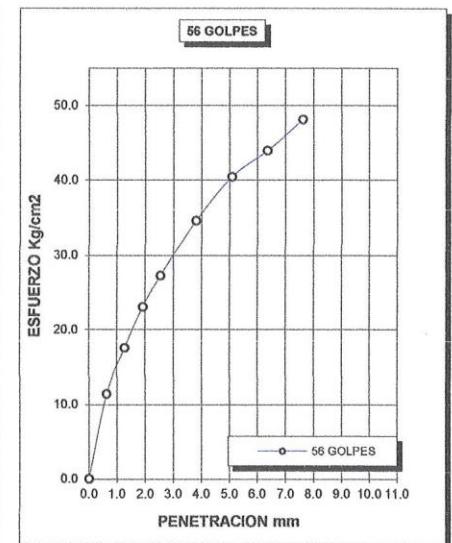
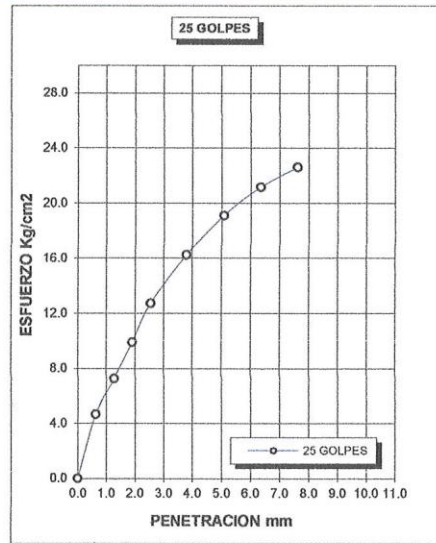
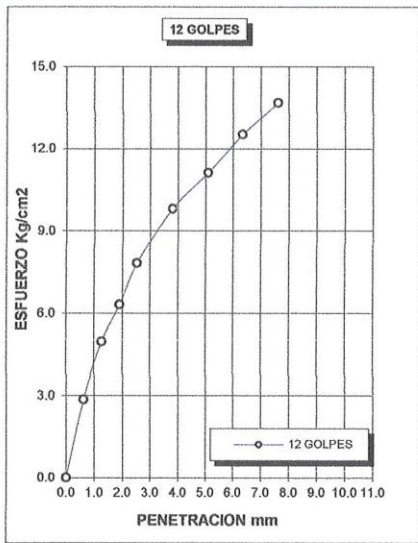
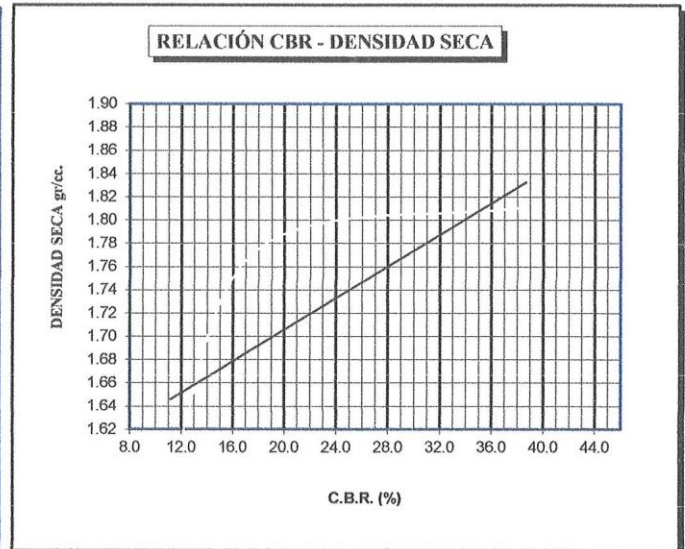
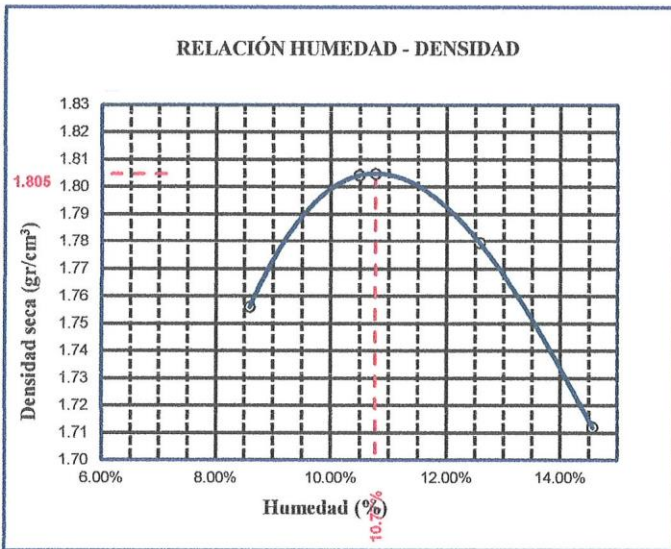


UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 JULIACA - PUNO  
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



<b>TESIS</b> :	MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECLICADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN</b>	ASTM D1557-91
<b>SOLICITADO</b> :	Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>	1.805
<b>MUESTRA</b> :	M-4	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	10.77%
<b>UBICACIÓN</b> :	DISTRITO DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>	38.7
<b>LUGAR</b>	PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	22.5
<b>FECHA</b> :	10 DE MAYO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>	
		<b>AASHTO :</b>	
		<b>EMBEBIDO :</b>	4 DIAS



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
Miguel ARNALDO YANA TORRES  
CIF 103257

B. N° 006-00297437



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**

### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-4
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>		III		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>		5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>		12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10652	10410	10982	10826	11091	10971
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6743	6743	6694	6694	6748	6748
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3909	3667	4288	4132	4343	4223
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2098.60	2098.60	2098.60	2098.60	2116.88	2116.88
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.863	1.747	2.043	1.969	2.052	1.995

<b>Capsula No</b>	No											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	341.59	321.45	248.25		311.79	278.43	332.40		315.28	320.45	319.16
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	295.69	279.23	227.86		277.02	246.17	305.27		282.84	287.79	292.23
<b>Peso del Agua</b>	gr.	45.90	42.22	20.39		34.77	32.26	27.13		32.44	32.66	26.93
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.45	36.91	39.72		38.44	38.08	39.44		40.41	38.63	40.45
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	257.24	242.32	188.14		238.58	208.09	265.83		242.43	249.16	251.78
<b>% de Humedad</b>	%	17.84%	17.42%	10.84%		14.57%	15.50%	10.21%		13.38%	13.11%	10.70%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	17.63%		10.84%		15.04%		10.21%		13.24%		10.70%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.583		1.576		1.776		1.787		1.812		1.802

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/05/2024	3:10: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
7/05/2024	3:10: p.m.	24:00:00	0.40	0.01	0.01	0.31	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01
8/05/2024	3:10: p.m.	48:00:00	0.43	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01	0.27	0.01	0.01
9/05/2024	3:10: p.m.	72:00:00	0.45	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
10/05/2024	3:10: p.m.	96:00:00	0.47	0.01	0.01	0.36	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		7.40	56.5	2.9		15.80	92	4.7		47.10	225	11.4	
1.27	01:00		17.20	98.1	5.0		27.90	144	7.3		75.80	347	17.5	
1.91	01:30		23.50	124.9	6.3		40.20	196	9.9		101.50	456	23.0	
2.54	02:00	70.31	30.60	155.0	7.8		53.40	252	12.7		120.80	538	27.2	
3.81	03:00		39.80	194.1	9.8		69.80	321	16.2		155.00	683	34.5	
5.09	04:00	105.00	45.90	220.0	11.1		83.10	378	19.1		182.50	800	40.4	
6.35	05:00		52.40	247.5	12.5		92.70	419	21.2		198.80	869	43.9	
7.62	06:00		57.80	270.5	13.7		99.40	447	22.6		218.20	951	48.1	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

  
 UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 JULIACA - PUNO  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

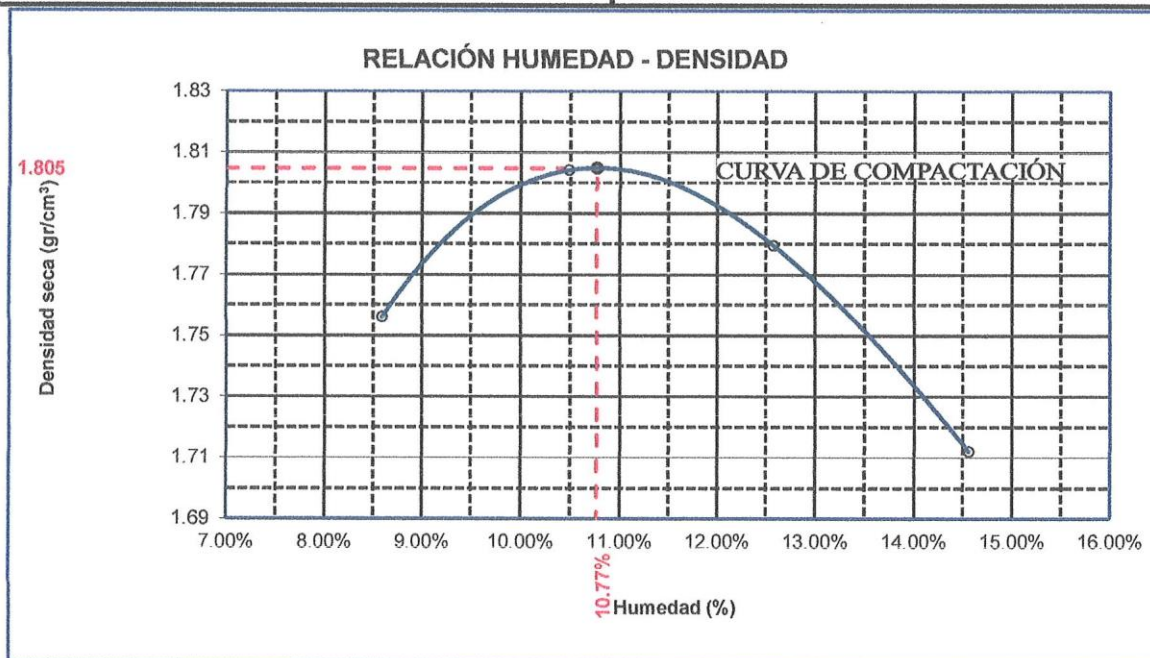
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA
<b>MUESTRA</b>	: M-4
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 903 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7642	7720	7729	7691
Peso del Molde	gr.	5920	5920	5920	5920
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1722	1800	1809	1771
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.907	1.993	2.003	1.961

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	112.80	101.62	135.38	103.62	119.00	124.82	121.01	113.47
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	106.88	96.82	125.96	97.58	109.92	115.59	110.63	103.93
Peso del Agua	gr.	5.92	4.80	9.42	6.04	9.08	9.23	10.38	9.54
Peso de la Capsula	gr.	38.63	40.45	38.42	38.44	39.44	40.41	39.72	38.08
Peso del Suelo Seco	gr.	68.25	56.37	87.54	59.14	70.48	75.18	70.91	65.85
% de Humedad	%	8.67%	8.52%	10.76%	10.21%	12.88%	12.28%	14.64%	14.49%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	8.59%		10.49%		12.58%		14.56%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.756		1.804		1.779		1.712	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO C	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.805 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 10.77%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - EICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 Mg. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA					
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA					
<b>MUESTRA</b>	: M-3					
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA			PROGRESIVA km : 0+880		
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO			CAPA : BASE		
<b>FECHA</b>	: 10 DE MAYO DEL 2024					

<b>MOLDE No</b>	III		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>	5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

<b>Capsula No</b>	No	4								
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22
<b>Peso del Agua</b>	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20
<b>% de Humedad</b>	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.64%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	9.88%		4.81%	7.52%		4.90%	6.78%		4.64%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.801		1.680	1.847		1.773	1.933		1.906

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
6/05/2024	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
7/05/2024	09:00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
8/05/2024	09:00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
9/05/2024	09:00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
10/05/2024	09:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		65.00	301	15.2	
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7	
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		183.40	804	40.6	
2.54	02:00	70.31	59.10	276.0	14.0		153.00	675	34.1		231.20	1006	50.9	
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4		263.20	1142	57.7	
5.09	04:00	105.00	81.10	369.4	18.7		195.00	853	43.1		311.20	1346	68.0	
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5	
7.62	06:00		102.60	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

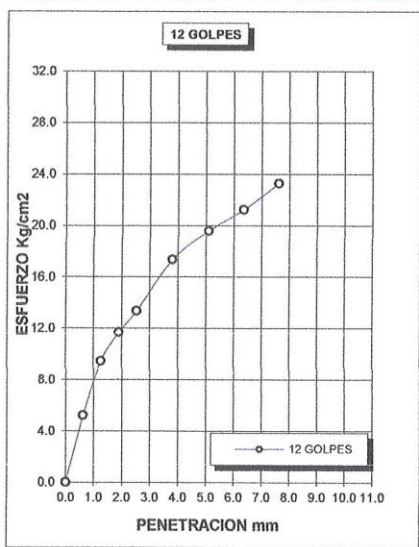
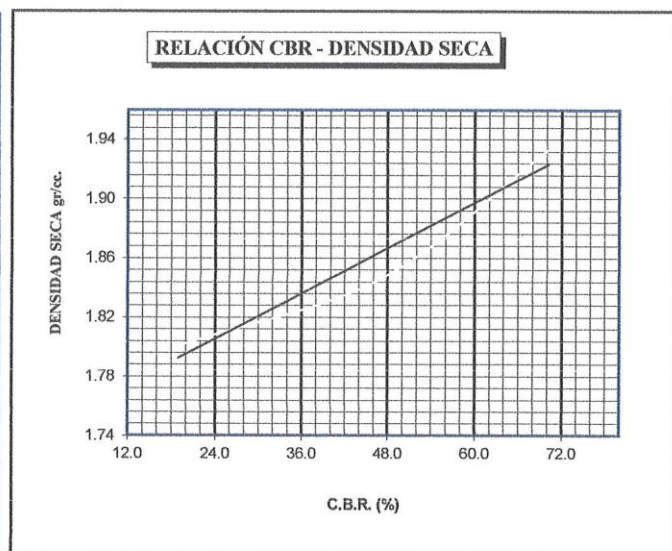
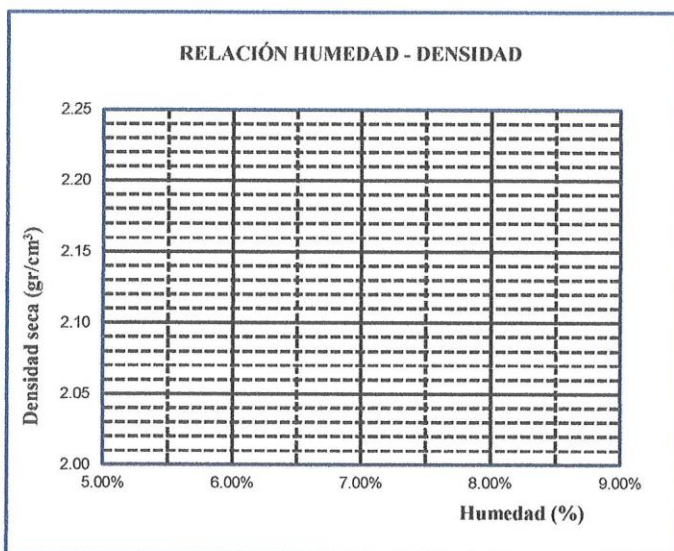
UANCV FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 JULIACA - PUNO  
 Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437

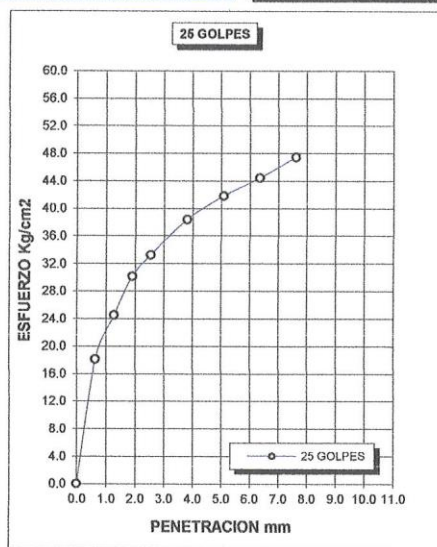


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

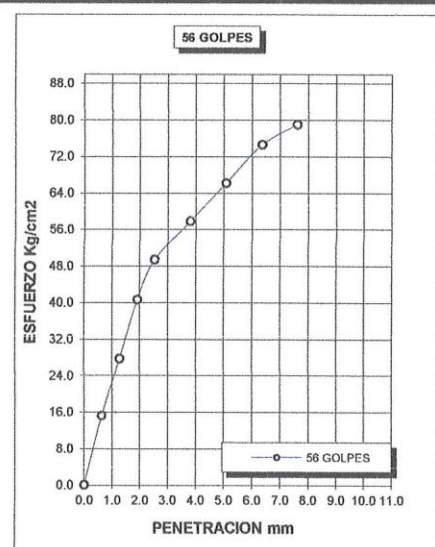
<b>TESIS</b>	: MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR CON ADICIÓN DE LIMADURA DE HIERRO RECICLADO EN PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: : Bach. OSMAN JOSE LEYVA ZAMATA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.192
<b>MUESTRA</b>	: M-2	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 13.85%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 70.22
<b>LUGAR</b>	: PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 47.27
<b>FECHA</b>	: : 10 DE MAYO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : : 4 DIAS



CBR 19



CBR 47



CBR 70



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Mgtr. ARNAZDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 04-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Osman Jose Leiva Zamata

Dirección: Asoc. Pro un. Cruz verde arco

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46374917

Teléfono: 975616975 email: leiva.osman.jose@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Civil

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Civil

Asesor: Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: Mejoramiento de base granular con adición de limadura de hierro reciclado en pavimentos para la ciudad de Juliaca

Palabras claves, (3 a 5 términos): Pavimento, base granular, resistencia, rendimiento

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

±

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.  
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_  
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo  
 No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la construcción - P17

  
Firma de Autor



huella digital

04 - septiembre del 2024  
Fecha